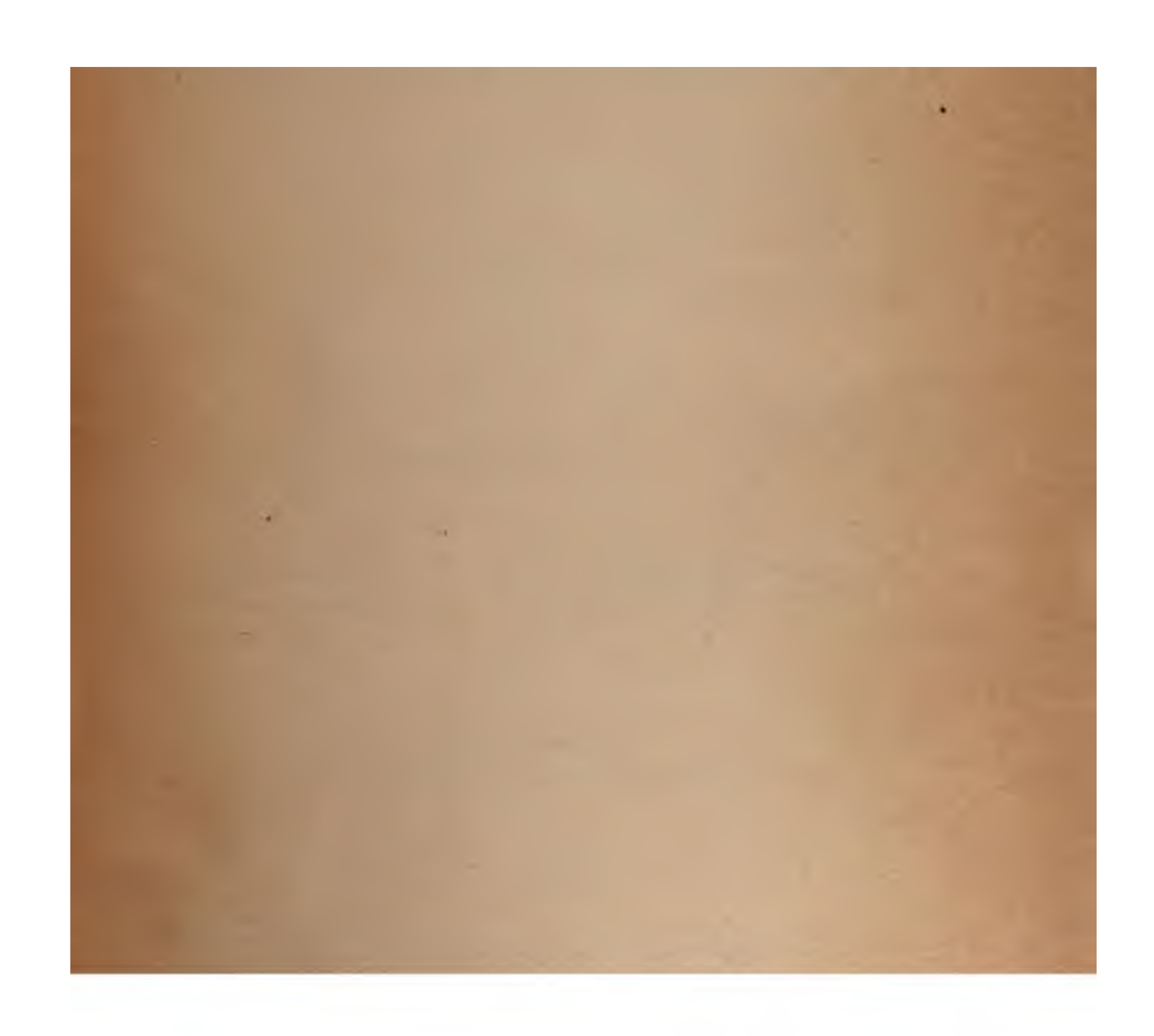

Stanford University Libraries
3 6105 013 953 588
LIBRARY OF THE
Leland Stanford Junior University


The Hopkins Library
presented to the
Leland Stanford Junior University
by Timothy Hopkins.







JAHRBÜCHER

für

wissenschaftliche Botanik.

Begründet

von

Professor Dr. N. Pringsheim.

Herausgegeben

von

W. Pfeffer, und **E. Strasburger,**

Professor an der Universität Leipzig. Professor an der Universität Bonn.

Neunundzwanzigster Band.

Mit 12 lithographirten Tafeln und 20 Textabbildungen.

Berlin, 1896.

Verlag von Gebrüder Borntraeger.





Inhalt.

Seite

Bengt Lidforss. Zur Biologie des Pollens 1
I. Einleitung 1
II. Literatur 3
III. Methodisches 4
IV. Die Widerstandsfähigkeit des Pollens gegen Wasser 7
V. Die Beziehungen zwischen Regenschutz und Widerstandsfähigkeit des Pollens 11
A. Allgemeines 11
B. Specielle Beobachtungen 14
Monokotyledones 14
Dikotyledones 16
VI. Die Widerstandsfähigkeit des durchnässten Pollens gegen Austrocknung 29
VII. Die Ursachen der Widerstandsfähigkeit 30
VIII. Die Bedeutung der Schutzmittel und das Platzen des Pollens vom biologischen Gesichtspunkte 33
Anhang. Die Einwirkung von Mineralsalzen auf den Pollen 36

Ludwig Koch. Mikrotechnische Mittheilungen III. Mit 1 Holzschnitt . 39
1. Ein neues Jung'sches Mikrotom und seine Verwendung in der Pflanzenanatomie 39
2. Die Imprägnirung harter Objecte mit Glycerin-Gummi 58
3. Die Tanninfärbung und ihre Anwendung in der Pflanzenanatomie . 66

Adam Maurizio. Die Sporangiumanlage der Gattung Saprolegnia. Mit Tafel I und II 75
Einleitung 75
Specieller Theil 79
A. Heterogene Anordnung der Fructificationsorgane 79
B. Isogene Anordnung der Fructificationsorgane 92
Allgemeiner Theil 113
Anhang 126
Erklärung der Abbildungen 128

Seite

Franz Hering. Ueber Wachsthumscorrelationen in Folge mechanischer Hemmung des Wachsens. Mit 4 Textabbildungen 132
Einleitung 132
A. Wachsthumscorrelationen zwischen Wurzel- und Sprosssystem . 137
B. Wachsthumscorrelationen des Wurzelsystems 144
Einfluss der mechanischen Hemmung des Dickenwachsthums . 148
Einfluss mechanischer Wachsthumshemmung der apicalen Zone 150
C. Wachsthumscorrelationen des Sprosssystems 154
Einfluss mechanischer Wachsthumshemmung subapicaler Theile 157

J. Reinke. Abhandlungen über Flechten V. Mit 15 Zinkätzungen . . 171
Das natürliche Flechtensystem 171
A. Vorbemerkungen 171
B. Die Gruppirung der Typen 192
Erste Unterklasse: Coniocarpi 192
Zweite Unterklasse: Discocarpi 202
Erste Reihe: Grammophori 203
Zweite Reihe: Lecideales 207
a) Gyalectaceen 208
b) Lecideaceen 212
c) Umbilicariaceen 215
d) Cladoniaceen 215
Dritte Reihe: Parmeliales 219
a) Urceolariaceen 219
b) Pertusariaceen 220
c) Parmeliaceen 221
d) Physciaceen 222
e) Theloschisteen 222
f) Acarosporaceen 223
Vierte Reihe: Cyanophili 224
a) Lichinaceen 224
b) Ephebaceen 225
c) Pannariaceen 225
d) Stictaceen 226
e) Peltigeraceen 227

Inhalt

des vorliegenden 3. Heftes, Band XXIX.

Seite

Friedrich Czapek. Zur Lehre von den Wurzelausscheidungen 321
Cap. I. Chemische Zusammensetzung der flüssigen Wurzelausscheidungen 322
Cap. II. Abgabe von Gasen 345
Cap. III. Die sauren Eigenschaften der Wurzelausscheidungen . . . 346
Versuche mit Lakmus und anderen Farbstoffindicatoren 349
Versuche über Corrosion 354
Ueber die Möglichkeit anderweitiger Säureproduction durch Pflanzenwurzeln 363
Anhang: Säurewirkungen durch andere Pflanzenorgane als Phanerogamenwurzeln 373
Cap. IV. Ueber Fermente im Wurzelsecret 374
Diastase in Wurzelausscheidungen 375
Invertirendes Ferment im Wurzelsecret? 383
Peptonisirende Wirkungen der Wurzelausscheidungen 385
Cap. V. Zusammenfassung einiger wichtigerer Ergebnisse 388

Gy. v. Istvánffi. Untersuchungen über die physiologische Anatomie der Pilze mit besonderer Berücksichtigung des Leitungssystems bei den Hydnei, Thelephorei und Tomentellei. Mit Tafel III—VII 391
Figuren-Erklärung 435

G. Krabbe. Ueber den Einfluss der Temperatur auf die osmotischen Processe lebender Zellen 441
Vorwort. Von R. Kolkwitz 441
Einleitung 442
I. Ueber den Einfluss der Temperatur auf die Geschwindigkeit der osmotischen Wasserbewegung 448
1. Untersuchungsmethode 448

Seite

Jakob Eriksson. Neue Untersuchungen über die Specialisirung, Verbreitung und Herkunft des Schwarzrostes (*Puccinia graminis* Pers.) 499

W. Rothert. Ueber die Gallen der Rotatorie *Notommata Wernecki* auf *Vaucheria Walzi* n. sp. Mit Tafel VIII und IX 525
Einleitung 525
I. Beschreibung der *Vaucheria Walzi* n. sp. 530
II. Specieller Theil: Die Gallen, ihre Structur und Entwickelung . . 537
Die Entwickelung der Gallen 541
Die Gallenmembran 542
Die Reactionen der Gallenmembran 547
Der Inhalt der Galle 554
Die Auflösung der Calotten 562
III. Allgemeiner Theil: Wechselbeziehungen zwischen Alge und Parasit; Natur der Gallen 568
Wie und wo dringt der Parasit in den *Vaucheria*-Thallus ein? 568
Die morphologische Natur der Gallen 573
Einfluss der Parasiten auf die Ausbildung der Galle 576
Die Bedeutung der Gallenbildung für den Parasiten und für die Alge 580
Zusammenfassende Betrachtung der Gallen und Vergleich derselben mit den Gallen höherer Pflanzen 584
Zusammenstellung der hauptsächlichen Ergebnisse 587
Nachtrag 589
Figuren-Erklärung 591

H. Klebahn. Beiträge zur Kenntniss der Auxosporenbildung. I. *Rhopalodia gibba* (Ehrenb.) O. Müller. Mit Tafel X 595
Uebersicht der beobachteten Fälle von Auxosporenbildung 599
Ursprung und Behandlung des Materials 604
Bau der Zellhaut 606
Die plasmatischen Bestandtheile der vegetativen Zellen 612
Die Aneinanderlagerung der conjugirenden Zellen 618
Die äusseren Veränderungen bei der Conjugation und der Auxosporenbildung 623

Verzeichniss der Tafeln.

Tafel I u. II. Sporangiumanlage der Gattung *Saprolegnia*, Adam Maurizio.

Tafel III—VII. Physiologische Anatomie der Pilze, Gy. v. Istvánffi.

Tafel VIII u. IX. Gallen der Rotatorie *Notommata Wernecki* auf *Vaucheria*, W. Rothert.

Tafel X. Auxosporenbildung. I. *Rhopalodia gibba* (Ehrenb.) O. Müller, H. Klebahn.

Tafel XI u. XII. Verhalten der Kerne bei der Fruchtentwickelung einiger Ascomyceten, Rob. A. Harper.



Alphabetisch nach den Namen der Verfasser geordnetes Inhaltsverzeichniss.

Seite

Friedrich Czapek. Zur Lehre von den Wurzelausscheidungen 321

Jakob Eriksson. Neue Untersuchungen über die Specialisirung, Verbreitung und Herkunft des Schwarzrostes (*Puccinia graminis* Pers.) 499

Rob. A. Harper. Ueber das Verhalten der Kerne bei der Fruchtentwickelung einiger Ascomyceten. Mit Tafel XI und XII 655

Franz Hering. Ueber Wachsthumscorrelationen in Folge mechanischer Hemmung des Wachsens Mit 4 Textabbildungen 132

Gy. v. Istvánffi. Untersuchungen über die physiologische Anatomie der Pilze mit besonderer Berücksichtigung des Leitungssystems bei den Hydnei, Thelephorei und Tomentellei. Mit Tafel III—VII 391

H. Klebahn. Beiträge zur Kenntniss der Auxosporenbildung. I. *Rhopalodia gibba* (Ehrenb.) O. Müller. Mit Tafel X 595

Ludwig Koch. Mikrotechnische Mittheilungen III. Mit 1 Holzschnitt . 39

G. Krabbe. Ueber den Einfluss der Temperatur auf die osmotischen Processe lebender Zellen 441

Bengt Lidforss. Zur Biologie des Pollens 1

Ferdinand Linz. Beiträge zur Physiologie der Keimung von Zea Mais L. 267

Adam Maurizio. Die Sporangiumanlage der Gattung *Saprolegnia*. Mit Tafel I und II 75

J. Reinke. Abhandlungen über Flechten V. Mit 15 Zinkätzungen . . . 171

W. Rothert. Ueber die Gallen der Rotatorie *Notommata Wernecki* auf *Vaucheria Walzi* n. sp. Mit Tafel VIII und IX 525

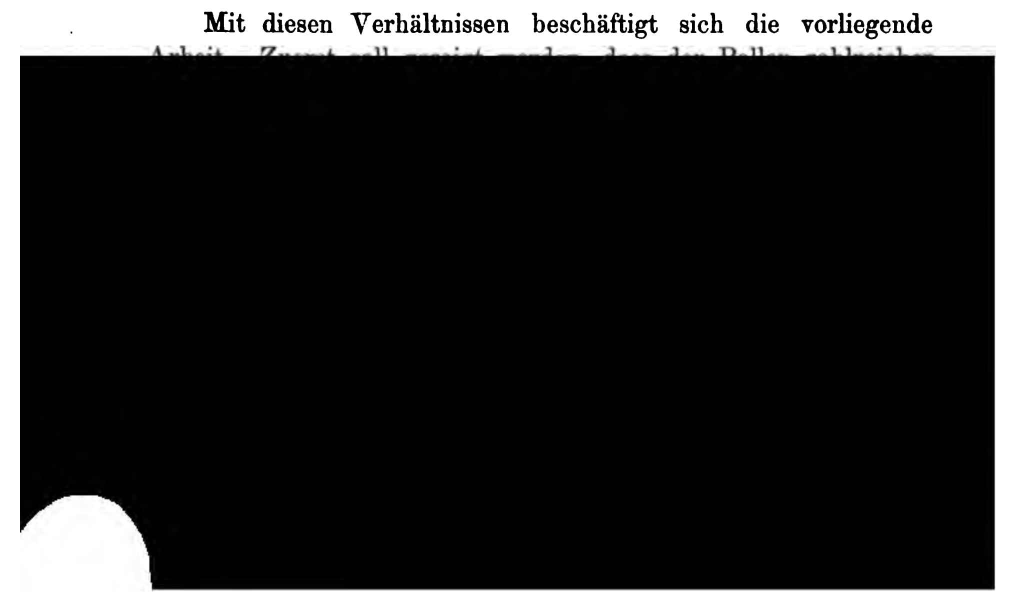
H. Schellenberg. Beiträge zur Kenntniss der verholzten Zellmembran . 237

Soviel ist gewiss, dass die ungeheure Mehrzahl der Pollenzellen unter Wasser verdirbt, und dass schon die Benetzung mit Wasser eine grosse Gefahr mit sich bringt".

Pflanzen, für deren Pollen ein Schutz gegen Regen überflüssig ist, kommen nach Kerner nur in solchen Gegenden vor, in denen Regenzeiten mit regenlosen Perioden abwechseln, wie in den Llanos von Venezuela, in den brasilianischen Campos und vor Allem in dem südlich des Wendekreises gelegenen Theile von Australien[1]). Hier, wo das Aufblühen vieler Pflanzen erst dann stattfindet, wenn die Regenperiode vorüber ist, finden sich auch keine besonderen Schutzmittel gegen den Regen: die Staubfäden der zahlreichen Myrtaceen, Proteaceen und Mimoseen ragen mit ihren Antheren vollkommen ungeschützt aus den Blüthen hervor.

Es ist nun aber eine leicht zu constatirende Thatsache, dass Pflanzen mit ungeschützten Sexualorganen auch in den temperirten Zonen vorkommen. In welchem Maassstabe aber derartige Formen sich an der Zusammensetzung der mitteleuropäischen Flora betheiligen, ob sie häufig vorkommen oder seltene Ausnahmen darstellen, ist noch nicht untersucht worden. Die Frage hat doch gewiss ihre Bedeutung; denn wenn es sich herausstellt, dass Pflanzen mit exponirten Narben resp. Staubfäden auch in unserem Klima eine weite Verbreitung besitzen, erhebt sich von selbst eine andere Frage, ob nämlich auch diese Formen einen ebenso empfindlichen Pollen besitzen wie diejenigen, deren Sexualorgane der Einwirkung der atmosphärischen Niederschläge entzogen sind.

Mit diesen Verhältnissen beschäftigt sich die vorliegende



II. Literatur.

Der alten, von Bernhard de Jussieu und Needham begründeten Ansicht über die absolute Schädlichkeit der Benetzung für den Pollen ist schon van Tieghem entgegengetreten[1]). Der genannte Forscher wies darauf hin, dass es eine grosse Anzahl Pflanzen („un très-grand nombre de plantes") giebt, deren Pollenkörner in sauerstoffhaltigem Wasser nicht platzen, sondern ganz normale Schläuche treiben. Indessen sind die Angaben von van Tieghem so allgemein und unbestimmt gehalten — von den offenbar ziemlich vielen Pflanzen, auf welche sich seine Arbeit bezieht, werden nur sieben genannt[2]) —, dass man sich kaum darüber wundern kann, dass seine diesbezüglichen Angaben keine weitere Berücksichtigung gefunden. Uebrigens meint van Tieghem, dass diejenigen Pflanzen, deren Pollen im Wasser keimt, ebenso schutzbedürftig sind wie diejenigen mit platzendem Pollen[3]), und zwar um eine vorzeitige Keimung des Pollens zu vermeiden[4]).

Die Widerstandsfähigkeit des Pollens gegen äussere Einflüsse ist dann später von Rittinghaus[5]) zum Gegenstand einer ausführlichen Untersuchung gemacht worden. Der genannte Forscher untersuchte die Widerstandsfähigkeit des Pollens theils gegen höhere Temperaturen, theils gegen Antiseptica, Anaestetica, Bromdampf u. s. w., wobei es sich als allgemeines Resultat herausstellte, dass die Pollenkörner in dieser Hinsicht empfindlicher sind wie die Mikroorganismen. Derartige Untersuchungen mögen ja für die Physiologie ein gewisses, obgleich nicht allzu grosses Interesse haben, für die Biologie sind sie jedenfalls be-

1) Recherches physiologiques sur la végétation libre du pollen et de l'ovule. Annales d. scienc. nat. Bot., 5e série, t. XII, 1872.

2) Diese Pflanzen sind: Narcissus Pseudonarcissus, Fritillaria imperialis, Salix caprea, Primula sinensis, Viola odorata, Cannabis sativa, Ricinus communis, Nymphaea alba. Für die drei letztgenannten kann ich die Keimung in destillirtem Wasser bestätigen.

3) l. c., p. 317.

4) Auf diesen Punkt komme ich im Folgenden zurück.

5) Ueber die Widerstandsfähigkeit des Pollens gegen äussere Einflüsse. Inaugural-Dissertation, Bonn 1887.

Inhalt

des vorliegenden 1. Heftes, Band XXIX.

Seite

Bengt Lidforss. Zur Biologie des Pollens 1
I. Einleitung 1
II. Literatur 3
III. Methodisches 4
IV. Die Widerstandsfähigkeit des Pollens gegen Wasser 7
V. Die Beziehungen zwischen Regenschutz und Widerstandsfähigkeit des Pollens 11
A. Allgemeines 11
B. Specielle Beobachtungen 14
Monokotyledones 14
Dikotyledones 16
VI. Die Widerstandsfähigkeit des durchnässten Pollens gegen Austrocknung 29
VII. Die Ursachen der Widerstandsfähigkeit 30
VIII. Die Bedeutung der Schutzmittel und das Platzen des Pollens vom biologischen Gesichtspunkte 33
Anhang. Die Einwirkung von Mineralsalzen auf den Pollen 36

Ludwig Koch. Mikrotechnische Mittheilungen III. Mit 1 Holzschnitt . 39
1. Ein neues Jung'sches Mikrotom und seine Verwendung in der Pflanzenanatomie 39
2. Die Imprägnirung harter Objecte mit Glycerin-Gummi 58
3. Die Tanninfärbung und ihre Anwendung in der Pflanzenanatomie . 66

Adam Maurizio. Die Sporangiumanlage der Gattung Saprolegnia. Mit Tafel I und II 75
Einleitung 75
Specieller Theil 79
A. Heterogene Anordnung der Fructificationsorgane 79
B. Isogene Anordnung der Fructificationsorgane 92
Allgemeiner Theil 113
Anhang 126
Erklärung der Abbildungen 128

Seite

Franz Hering. Ueber Wachsthumscorrelationen in Folge mechanischer Hemmung des Wachsens. Mit 4 Textabbildungen 132
Einleitung 132
A. Wachsthumscorrelationen zwischen Wurzel- und Sprosssystem . 137
B. Wachsthumscorrelationen des Wurzelsystems 144
Einfluss der mechanischen Hemmung des Dickenwachsthums . 148
Einfluss mechanischer Wachsthumshemmung der apicalen Zone 150
C. Wachsthumscorrelationen des Sprosssystems 154
Einfluss mechanischer Wachsthumshemmung subapicaler Theile 157



Inhalt

des vorliegenden 2. Heftes, Band XXIX.

Seite

J. Reinke. Abhandlungen über Flechten V. Mit 15 Zinkätzungen . . 171
Das natürliche Flechtensystem 171
A. Vorbemerkungen 171
B. Die Gruppirung der Typen 192
Erste Unterklasse: Coniocarpi 192
Zweite Unterklasse: Discocarpi 202
Erste Reihe: Grammophori 203
Zweite Reihe: Lecideales 207
a) Gyalectaceae 208
b) Lecideaceen 212
c) Umbilicariaceen 215
d) Cladoniaceen 215
Dritte Reihe: Parmeliales 219
a) Urceolariaceen 219
b) Pertusariaceen 220
c) Parmeliaceen 221
d) Physciaceen 222
e) Theloschisteen 222
f) Acarosporaceen 223
Vierte Reihe: Cyanophili 224
a) Lichinaceen 224
b) Ephebaceen 225
c) Pannariaceen 225
d) Stictaceen 226
e) Peltigeraceen 227
f) Collemaceen 229
g) Omphalariaceen 230
Dritte Unterklasse: Pyrenocarpi 231
Uebersicht über das System 233

vielen Fällen ziemlich rasch durch das Plasma diosmiren, wie die öfters bei Zuckerkulturen in den Pollenschläuchen beobachtete Stärkebildung[1]) zur Genüge beweist. Ausserdem ist es keine seltene Erscheinung, dass die Turgorverhältnisse noch eine Zeit lang ungestört bleiben, obschon das Pollenkorn, wie es durch eintretende Dunkelfärbung des Inhaltes sich kundgiebt, durch die Einwirkung des Wassers tief beschädigt worden ist.

Sehr schlagend zeigt sich dagegen die Widerstandsfähigkeit der verschiedensten Pollenarten darin, dass sie sehr schön in destillirtem Wasser keimen. Es ist ja schon hauptsächlich durch Molisch's Untersuchungen[2]) bekannt, dass es Pollenkörner giebt, die für das Austreiben der Schläuche keine Narbensecrete oder sonstige chemische Reizmittel brauchen, sondern einfach im dampfgesättigten Raume keimen. Die meisten von Molisch angeführten Pollenkörner platzen bei Berührung mit Wasser, aber einige, beispielsweise die Pollenkörner von *Rumex Acetosa*, bleiben auch in destillirtem Wasser völlig unbeschädigt und treiben hier normale Schläuche. Eine nähere Untersuchung hat nun ergeben, dass es eine überraschend grosse Anzahl Pollenkörner giebt, die im destillirten Wasser am allerschönsten keimen. Anstatt wie die meisten Pflanzenzellen in diesem Medium ziemlich rapide abzusterben, gedeihen die fraglichen Körner vorzüglich in destillirtem Wasser; die Keimung erfolgt gewöhnlich schneller wie in Zuckerlösungen, so dass oft schon in der ersten Stunde Schläuche von beträchtlicher Länge gebildet werden, die dann in ganz normaler Weise weiter wachsen und 10—20—30 Stunden nach dem Austreiben lebendig bleiben. Wegen der schnellen Keimung und der einfachen Keimungsbedingungen dürften gerade diese Pollenarten besonders für Demonstrationszwecke und Practica zu empfehlen sein.

Als typische Beispiele von Pflanzen mit in destillirtem Wasser keimenden Pollenkörnern können unter den Entomophilen folgende angeführt werden: *Lobelia inflata*, *cardinalis* und *syphilitica*, *Nico-*

---

1) Mangin, Recherches sur le pollen. Bullet. de la soc. botan. de France, t. XXXIII, 1886, p. 517; Molisch, l. c., p. 23.

2) l. c., p. 6.

tiana macrophylla und *rustica*, *Lysimachia Nummularia*, *Clethra alnifolia*, *Glaucium luteum* und *corniculatum*, *Aquilegia Skinneri*, *Aesculus macrostachya* und *Pavia*, *Sempervivum hirtum*, *Reginae Amaliae* und *Heuffelii*, *Umbilicus pendulus*, *Lilium tigrinum*, *auratum* und *speciosum*, *Agapanthus umbellatus* u. s. w.

Weniger gut, aber immerhin ziemlich ausgiebig, keimen in destillirtem Wasser: *Veronica longifolia* und *orchidacea*, *Anagallis caerulea*, *Begonia* sp., *Sedum altaicum* und *spurium*, *Hypericum perforatum* und *calycinum*, *Limonia* sp., *Ricinus communis*, *Heuchera* sp., *Reseda fruticosa* u. s. w. — Unter den Letzteren findet man neben vielen Körnern, die ganz normal keimen, auch solche, welche platzen oder sonst zu Grunde gehen; unter Umständen dürfte aber auch hier die geringere Keimfähigkeit einfach darauf beruhen, dass der betreffende Pollen an und für sich schlecht ausgebildet war.

Auch unter den anemophilen Pflanzen finden sich viele, die ganz ausgezeichnet in destillirtem Wasser keimen, wie z. B. *Sparganium ramosum*, *Urtica pilulifera*, *Parietaria officinalis*, *Cannabis sativa*, *Datisca cannabina* u. s. w. Unter tausenden von Körnern beobachtet man hier kein Einziges, das im Wasser platzt, dagegen sehr zahlreiche Keimungen.

Sehr bemerkenswerth ist, dass die meisten der oben genannten Pollenarten, welche in destillirtem Wasser keimen, die Keimfähigkeit einbüssen, wenn das Wasser nur ganz geringe Quantitäten Mineralsalze enthält. So treibt z. B. *Aesculus macrostachya* in destillirtem Wasser schon innerhalb zwei Stunden ganz ausgezeichnete Schläuche, keimt aber im Jenenser Leitungswasser überhaupt nicht. Dasselbe habe ich constatirt für *Glaucium luteum* und *corniculatum*, *Nicotiana macrophylla*, *Papaver strictum*, *Lobelia inflata*, *cardinalis* und *syphilitica*, *Clethra alnifolia*, *Sempervivum hirtum* und *Heuffelii*, *Datisca cannabina*, *Cannabis sativa* u. s. w., die alle sehr schön in destillirtem Wasser keimen.

Während die Pollenkörner von *Lobelia inflata* im Leitungswasser fast ganz unbeschädigt blieben, — durch Zusatz von Rohrzucker konnte noch nach 24 Stunden gute Keimung erzielt werden — zeigte es sich in den meisten Fällen, dass das Leitungswasser eine direct schädliche Einwirkung auf den Pollen ausübte, und zwar erwies sich dieser schädliche Einfluss darin, dass die Leitungs-

wasserkulturen eine viel grössere Anzahl geplatzter Körner aufwiesen als die Kulturen im destillirten Wasser. Besonders scharf trat diese Erscheinung bei den oben genannten *Glaucium*- und *Nicotiana*-Arten hervor, deren Pollen im Leitungswasser zum grossen Theile unter explosiven Platzungen zu Grunde ging, während, wie schon öfters hervorgehoben, im destillirten Wasser gewöhnlich kaum ein einziges Korn platzt.

Da der schädliche Einfluss des Leitungswassers voraussichtlich nur von den darin enthaltenen Mineralsalzen herrühren konnte, wurde die Empfindlichkeit des Pollens in dieser Hinsicht etwas näher untersucht. Als Resultat dieser Untersuchung, deren nähere Details im Anhange mitgetheilt werden, stellte sich heraus, dass Mineralsalze im Allgemeinen für den Pollen sehr giftig sind und dass die gewöhnlichen Nährsalze wie Kalk- und Kalisalpeter schon bei zehntausendfacher Verdünnung tödtlich wirken können.

Es wurde schon p. 4 angedeutet, dass nicht alle widerstandsfähige Pollenkörner im destillirten Wasser keimen. Der Nachweis der Widerstandsfähigkeit gelingt dann unter Umständen dadurch, dass man die Körner, nachdem sie eine gewisse Zeit im destillirten Wasser verweilt haben, in Zuckerlösungen überführt, wo sie dann in kurzer Zeit Schläuche treiben. Eine solche nachträgliche Schlauchbildung in Zuckerlösung habe ich z. B. constatirt für *Gypsophila* sp., *Campanula canescens* und andere *Campanula*-Arten, *Sedum Telephium* u. a.

In gewissen Fällen lässt sich, wie Molisch[1]) zuerst gefunden hat, eine ausgiebige Keimung durch Zusatz von Säuren herbeiführen. Molisch hat dies für verschiedene *Rhododendron*- und *Azalea*-Arten constatirt, die in reiner Aqu. dest. nicht keimen, wohl aber, wenn geringe Quantitäten von Säuren, be-



werden, weil sie sonst schädlich wirken; auch ist darauf zu achten, dass der schädliche Einfluss in beträchtlichem Grade von den Ernährungsverhältnissen des Pollens abhängt. In destillirtem Wasser wirken beispielsweise oft Concentrationen von 1 : 50 000 sehr schädlich, während in 35 procentiger Rohrzuckerlösung 0,1 procentige Concentrationen ohne Schaden ertragen werden können *(Nicotiana macrophylla)*. Die physiologische Seite dieser Verhältnisse, die jedenfalls nicht ohne Interesse sind, mag hier unerörtert bleiben.

Unter Umständen kann man die Keimung, wenn sie nicht anders gelingt, durch Einlegen von Narben resp. Narbenstücken in die Kulturflüssigkeit herbeiführen. In dieser Weise habe ich wiederholt Keimung erzielt bei *Solanum Balbisii* und *Diervilla splendens*, die sonst nicht in destillirtem Wasser Schläuche trieben.

Bei einiger Uebung lassen sich übrigens meistens abgestorbene und lebende Körner leicht genug von einander unterscheiden.

V. Die Beziehungen zwischen Regenschutz und Widerstandsfähigkeit des Pollens.

A. Allgemeines.

Das Vorhandensein von Pflanzen mit ungeschützten Staubbeuteln und Narben ist eine so häufige Erscheinung, dass es schwer verständlich ist, wie Kerner die Schutzbedürftigkeit in dieser Hinsicht als eine allgemeine Eigenschaft der Phanerogamen darstellen kann. In erster Linie kommen ja hier die anemophilen Pflanzen in Betracht, deren Zahl von Kerner selbst[1]) auf den zehnten Theil aller Angiospermen geschätzt wird. Wenn auch das Ausstäuben des Pollens bei diesen Pflanzen in den meisten Fällen erst bei trockener Witterung stattfindet, und wenn auch in gewissen Fällen, wie z. B. bei *Thalictrum* und *Plantago*, die geöffneten Antheren sich bei feuchter Witterung wieder schliessen[2]),

1) Pflanzenleben, Bd. II, p. 131.
2) Pflanzenleben, Bd. II, p. 124.

so ist doch immer die bestäubte Narbe der Gefahr eines Regengusses ausgesetzt. Denn bekanntlich ragen die Narben der Anemophilen meistens weit in die Luft hinaus, und wenn nun bei trockenem Wetter die Bestäubung glücklich vollbracht ist, erfordert doch die Keimung immer eine gewisse Zeit, in welcher dann der Pollen jedem plötzlichen Regengusse ausgesetzt ist.

Auch unter den entomophilen Pflanzen finden sich sehr viele, deren Staubfäden und Narben gegen den Regen vollständig ungeschützt, die aber trotzdem keineswegs auf ein Klima mit regenlosen Perioden angewiesen sind. Untersucht man z. B. nach einem ausgiebigen Regen die Blüthen verschiedener Crassulaceen (*Sempervivum hirtum, S. Heuffelii, Sedum altaicum, Umbilicus pendulus* u. s. w.), so findet man sämmtliche Blüthen aufwärts gerichtet, rohr- oder tellerförmig geöffnet, in ersterem Falle oft gänzlich mit Wasser gefüllt. Von einem Pollenschutz gegen Regen kann hier keine Rede sein; offenbar sind Antheren und Narben dem feuchten Elemente vollständig preisgegeben.

Der in Garten- und Parkanlagen vielfach kultivirte *Aesculus macrostachya* besitzt Staubfäden, welche, wenn die Antheren sich öffnen, 10—30 mm weit aus dem horizontal gerichteten Kronenschlunde hervorragen. Auch die Narbe ist vollständig ungeschützt. Trotzdem fructificirt die Pflanze ganz ausgezeichnet, was auch bei den oben erwähnten Crassulaceen der Fall ist.

Analoge Verhältnisse findet man bei näherer Umschau bei einer sehr beträchtlichen Anzahl Pflanzen, welche der gemässigten Zone angehören. Eben diese Pflanzen mit ungeschützten Sexualorganen besitzen im Allgemeinen einen gegen Befeuchtung sehr widerstandsfähigen Pollen. Die *Papaveraceen, Capparidaceen, Nymphaeaceen, Aesculineen, Crassulaceen, Primulaceen, Campanulaceen, Lobeliaceen, Liliaceen* u. s. w. bieten alle Beispiele solcher Pflanzen, deren Pollen gegen Regen ungeschützt und dabei sehr widerstandsfähig ist.

Auch innerhalb einzelner Familien kann vielfach ein solcher Parallelismus zwischen Nichtgeschütztsein und Widerstandsfähigkeit constatirt werden. Bei den Polygonaceen findet man z. B. bei den windblüthigen gänzlich ungeschützten *Rumex*-Arten sehr widerstandsfähige Pollenkörner, die dann durch allerlei Zwischenformen mit den momentan platzenden Pollenkörnern des ge-

schützten *Polygonum Fagopyrum* verbunden werden. Ebenso besitzen unter den *Papaveraceen* die geschützten *Eschscholzia*-Arten[1]) einen gegen Wasser sehr empfindlichen Pollen, während die Pollenkörner der gänzlich ungeschützten *Glaucium*-Arten sehr widerstandsfähig sind. Aehnliche Verhältnisse findet man beispielsweise bei den Scrophulariaceen und Solanaceen. Näheres hierüber bringt der specielle Theil dieses Abschnittes.

Allerdings muss hervorgehoben werden, dass es von dieser allgemeinen Regel bemerkenswerthe Ausnahmen giebt; die meisten *Valeriana*-Arten und *Dipsaceen* besitzen einen gegen Regen sehr empfindlichen Pollen, obgleich die Sexualorgane fast ganz ungeschützt sind. Ob und in welcher Weise dieser Nachtheil von den betreffenden Pflanzen kompensirt wird, mag vorläufig unerörtert bleiben.

Auf der anderen Seite findet man zuweilen einen sehr widerstandsfähigen Pollen in Blüthen, deren Sexualorgane gegen Regen völlig geschützt sind. Die Staubbeutel und die Narbe der *Nicotiana affinis* dürften wohl nur in den seltensten Fällen mit Wasser in Berührung kommen, der Pollen dieser Pflanze ist aber trotzdem sehr widerstandsfähig. Analoge Verhältnisse findet man bei *Symphoricarpus racemosus* und bei manchen *Campanula*-Arten mit nickenden Blüthen.

Ebenso scheinen die kleinen, tief im Blüthenschlunde befindlichen Pollenkörner von *Lythrum Salicaria* etwas widerstandsfähiger zu sein als die grossen Körner der langen, mehr exponirten Staubfäden. Derartige Unregelmässigkeiten beweisen ja nur, dass die Schutzbedürftigkeit allein nicht immer ausschlaggebend ist.

In Folgendem gebe ich eine Darstellung meiner Beobachtungen über das Verhältniss zwischen Regenschutz und Widerstandsfähigkeit des Pollens bei den entomophilen Pflanzen. Indem ich meine Beobachtungen über die Pollenbiologie der Anemophilen, die noch nicht ganz abgeschlossen sind, für eine spätere Gelegenheit aufspare, bemerke ich, dass das vorliegende Thema keineswegs mit den folgenden Zeilen als erschöpft betrachtet werden kann. Aus naheliegenden Gründen habe ich

---

1) Pflanzenleben, Bd. II, p. 114.

die vorliegende Untersuchung auf eine verhältnissmässig geringe Anzahl Pflanzen beschränken müssen, doch dürften schon die hier mitzutheilenden Thatsachen genügen, um ein wenigstens annähernd correctes Bild der einschlägigen Verhältnisse zu geben.

B. Specielle Beobachtungen.

Monokotyledones.

Helobieae.

Von dieser Gruppe wurden nur zwei entomophile Arten untersucht, *Alisma Plantago* und *Aponogeton distachyum.* Die Perigonblätter der ersten Pflanze rollen sich in der Nacht zusammen, aber in der Weise, dass die Staubbeutel und Narben gegen Regen und Thau vollkommen ungeschützt sind; an regnerischen Tagen beobachtet man wiederholt, dass die Blüthen vollkommen offen und aufrecht stehen. Der Pollen ist demgemäss gegen Benetzung ziemlich widerstandsfähig, d. h. er platzt nur sporadisch, keimt aber in destillirtem Wasser kaum. Dies ist dagegen der Fall bei *Aponogeton distachyum,* dessen Sexualorgane gegen Regen und Thau ebenfalls vollständig ungeschützt sind; unter hunderten von Pollenkörnern platzt in destillirtem Wasser nicht ein Einziges, dagegen hatten manche innerhalb sechs Stunden gut entwickelte Schläuche getrieben.

Colchicaceae.



Liliaceae.

In dieser Familie finden sich beide Extreme, d. h. sowohl Pollenkörner, die in Wasser gebracht augenblicklich explodiren, wie auch solche, die sich durch eine sehr grosse Widerstandsfähigkeit auszeichnen.

In die erste Kategorie gehören z. B. die *Funkia-*, *Asphodelus-* und *Anthericum*-Arten, welche alle nickende, glockenförmige Blüthen mit gut geschützten Sexualorganen besitzen. Der Pollen aller dieser Arten geht im Wasser sofort zu Grunde.

Absolut widerstandsfähig erweisen sich dagegen die Pollenkörner von *Agapanthus umbellatus.* Beim ersten Anblicke scheinen die Sexualorgane dieser Pflanze nicht besonders exponirt zu sein; bei genauerer Beobachtung bemerkt man jedoch, dass die Blüthen zur Zeit, wo die Antheren sich öffnen, sich schräg nach aufwärts richten, so dass das Innere der Blüthen öfters bei Regenwetter benetzt wird. In destillirtem Wasser platzen die Pollenkörner gar nicht, treiben aber schon in drei Stunden lange Schläuche.

An *Agapanthus* schliessen sich manche *Lilium*-Arten, wie *L. tigrinum*, *L. speciosum* und *L. auratum.* Die Sexualorgane dieser Arten würden sehr gut geschützt sein, wenn die Blüthen eine gegen die Erdoberfläche senkrechte Lage einnähmen; das thun sie aber nur in den seltensten Fällen, drehen sich dagegen gewöhnlich nach allen möglichen Richtungen, wobei sowohl Staubbeutel wie Narben dem Regen exponirt werden. Die Pollenkörner sind demgemäss gegen Wasser sehr widerstandsfähig und keimen ausgezeichnet in destillirtem H_2O. — Dagegen platzen in destillirtem Wasser die meisten Pollenkörner von *Lilium eximium,* dessen Pollen auch ziemlich gut geschützt ist.

Eine ziemlich grosse Widerstandsfähigkeit besitzen auch diejenigen *Allium*-Arten, deren Staubfäden weit aus der Blüthe hinausragen, wie beispielsweise bei *A. carinatum*, *A. fallax* etc. In destillirtem Wasser keimen auch diese, obwohl nicht so schön wie die *Lilium*-Arten.

Weniger ausgeprägt ist die Widerstandsfähigkeit bei *Tritoma Uvaria,* obschon die Staubfäden hier ziemlich weit aus dem Perigonschlunde hinausragen. In destillirtem H_2O keimten ungefähr 50 % normal, dabei platzten wenigstens 20 %.

Dikotyledones.

Polygonaceae.

In dieser Familie finden sich alle möglichen Abstufungeu, von den windblüthigen Formen *(Rumex, Emex)* mit sehr widerstandsfähigen Pollen bis zu solchen Entomophilen, bei denen der Pollen bei Berührung mit Wasser augenblicklich platzt. Letzteres ist beispielsweise der Fall bei *Polygonum Fagopyrum*, wo die relativ kurzen Staubfäden von den Perianthblättern ziemlich gut geschützt werden. Bei *Polygonum orientale*, wo die Staubfäden ein Stück über die Perianthblätter hinausragen, tritt das Platzen bei Weitem nicht so schnell und häufig auf, und bei *P. Bistorta*, wo Staubfäden und Griffel ziemlich weit über den Blüthenrand hervorragen, besitzen die Pollenkörner eine relativ grosse Widerstandsfähigkeit. Keimung in destillirtem Wasser wurde bei diesen Arten nicht beobachtet, dagegen keimen verschiedene *Rumex*-Arten (Windblüthler) ziemlich ausgiebig in destillirtem H_2O.

Piperaceae.

Aus dieser Familie wurden nur einige in den Jenenser Gewächshäusern kultivirte *Peperomia*-Arten mit ganz ungeschütztem Sexualorganen untersucht. Der Pollen bleibt im Wasser stundenlang lebend. Keimung in destillirtem H_2O wurde indessen nicht beobachtet.

Alsineae.

Verschiedene *Alsine*- und *Stellaria*-Arten, deren Blüthen während regnerischer Tage aufrecht, ganz offen standen, führten einen Pollen, der in destillirtem Wasser wenigstens während der fünf ersten Stunden ganz unbeschädigt blieb.

Silenaceae.

Aus dieser Familie wurden hauptsächlich *Silene catholica* und *Gypsophila scorzonerifolia* untersucht, die beide gegen die atmosphärischen Niederschläge ziemlich wehrlos sind. Der Pollen

bleibt in destillirtem Wasser stundenlang lebend, keimt aber nur sporadisch *(Gypsophila)*.

Chenopodiacae.

Chenopodium opulifolium, *Ch. quinoa*, *Ch. urbicum*, *Atriplex patula* und *A. litoralis*, welche alle ziemlich ungeschützt sind und offenbar zur Windblüthigkeit hinneigen, besitzen einen sehr widerstandsfähigen Pollen, der in destillirtem Wasser meistens doch nur spärliche Keimung zeigt.

Amarantaceae.

Von *Amarantus caudatus*, *A. Blitum*, *A. retroflexus*, *A. speciosus*, *Acnida sp.* gilt dasselbe, was von den eben erwähnten *Chenopodium*-Arten gesagt wurde.

Ranunculaceae.

Sehr widerstandsfähig ist der Pollen von den anemophilen *Thalictrum*-Arten, der ohne Schaden mehrere Stunden im Wasser verweilen kann. Auch bei den entomophilen Ranunculaceen findet man ungeschützte Formen, deren Pollen sehr widerstandsfähig ist, wie z. B. *Clematis angustifolia*, *Actaea cordifolia* und ganz besonders gewisse *Aquilegia*-Arten[1] *(A. Skinneri)*, deren Pollen sehr schön in destillirtem Wasser keimt. Eine nicht unbedeutende Widerstandsfähigkeit besitzt auch der Pollen von *Ranunculus Lingua* und *R. acris*, deren Blüthen an regnerischen Tagen vollkommen aufrecht und offen stehen.

Nymphaeaceae.

Von den *Nymphaeaceen* giebt Kerner an[2]), dass das Innere der Blüthen „gegen Nässe vollständig gesichert ist, weil die

1) Ebenso wie bei den vorher genannten *Lilium*-Arten würde auch hier der Pollen gut geschützt sein, wenn die Blüthen constant eine verticale Stellung einnähmen; da sie jedoch meistens schräg oder nach oben gerichtet sind, kommt ein solcher Schutz nicht zu Stande, was durch die grosse Widerstandsfähigkeit des Pollens compensirt wird.

2) Pflanzenleben, II, p. 113.

Blüthen nur des Tages über bei warmem Sonnenschein geöffnet, bei Eintritt der Dämmerung und bei Einfallen des Thaues sich schliessen und bei Regenwetter oder nasskalten Tagen sich überhaupt nicht öffnen". Es ist aber Thatsache, dass verschiedene *Nymphaea*-Arten (*N. alba, flava* etc.) am Tage nach ziemlich ausgiebigem Regen noch offen stehen, was eine Benetzung der Narben und Staubfäden unvermeidlich zur Folge hat, und demgemäss findet man auch in den Blüthen unter Umständen ganz beträchtliche Wassermengen. Die Pollenkörner der genannten *Nymphaea*-Arten sind aber gegen Benetzung völlig resistent und treiben in destillirtem H_2O gut entwickelte Schläuche.

Wie *Nymphaea* verhält sich auch *Nuphar luteum;* in einer Blüthe, die durch Zufall untergetaucht wurde, fanden sich auf den Staubfäden zahlreiche gekeimte Pollenkörner.

Papaveraceae.

Verschiedene *Glaucium*-Arten (*G. luteum* und *G. corniculatum*) hatten noch nach 24stündigem Regen weit geöffnete, aufwärts gerichtete Blüthen; die Antheren waren zwar geöffnet, aber nicht entleert. Als der Pollen in Wasser gebracht wurde, platzte kaum ein einziges Korn, nach drei Stunden hatten aber eine grosse Anzahl Körner lange Schläuche getrieben.

Chelidonium majus, das ebenfalls nach einem ausgiebigen Regen mit geöffneten, inwendig durchnässten Blüthen beobachtet wurde, besitzt auch einen ziemlich widerstandsfähigen Pollen. Dasselbe gilt von vielen *Papaver*-Arten, deren Sexualorgane wenigstens gegen plötzliche Regengüsse ziemlich schlecht geschützt sind (*Papaver Rhoeas, croceum, somniferum, strictum*). Wenigstens bei der letztgenannten Art keimt der Pollen in destillirtem H_2O.

In schroffem Gegensatze zu diesen Papaveraceen mit ungeschütztem Pollen stehen verschiedene *Eschscholtzia*-Arten, deren Perianthblätter sich bei Regenwetter tutenförmig über die Antheren zusammenrollen[1]) (*E. californica* und *E. Douglasii*). Der Pollen dieser Arten platzt fast augenblicklich im Wasser, so

1) Kerner, Pflanzenleben, Bd. II, p. 114.

dass nach 3—5 Minuten unter Tausenden von Körnern kein Einziges unversehrt geblieben.

Fumariaceae.

Die untersuchten *Corydalis*- und *Fumaria*-Arten *(C. nobilis, lutea, pallida, Fumaria capreolata)*, deren Sexualorgane bekanntlich sehr gut geschützt sind, besitzen durchgängig einen bei Benetzung explosiv platzenden Pollen.

Cruciferae.

Aus dieser Familie wurden nur ein Paar *Brassica*- und *Moricandia*-Arten untersucht, deren Staubbeutel jedenfalls nicht besonders gut gegen Regen und Thau geschützt sind und deren Pollen auch verhältnissmässig wenige Platzungen aufwies. Ohne Zweifel wird hier eine nähere Untersuchung das Vorhandensein widerstandsfähiger Pollenarten ergeben.

Capparidaceae.

Der gänzlich ungeschützte Pollen von *Cleome pungens* platzt nur sporadisch[1]), keimt aber sehr schnell in destillirtem Wasser. Dasselbe war der Fall bei einer nicht näher bestimmten *Capparis*-Art mit ungeschützten Sexualorganen.

Resedaceae.

Von den *Reseda*-Arten, deren Antheren bekanntlich meistens ganz ungeschützt sind, besitzt *Reseda fruticosa* einen sehr resistenten Pollen, der in destillirtem Wasser gut keimt.

Nicht ganz so resistent wie diese Art erwiesen sich *Reseda odorata* und *R. lutea,* obschon auch der Pollen dieser Arten im destillirten Wasser ziemlich zahlreiche Schläuche treibt.

---

1) Im botanischen Garten zu Jena stand vorigen Sommer (1895) ein grosses Exemplar dieser Pflanze. Als die erste Blüthe aufging, erwies sich der ihr entnommene Pollen ziemlich empfindlich gegen Wasser, keimte schlecht und zeigte zahlreiche Platzungen in destillirtem H_2O. Der Pollen aus den später aufgehenden Blüthen erwies sich dagegen durchgängig widerstandsfähig, keimte gut etc. Derartige individuelle Variationen scheinen nicht selten zu sein.

Hypericaceae.

Manche *Hypericum*-Arten, wie z. B. *Hypericum perforatum, quadrangulum, tetrapterum, calycinum* u. s. w., stehen bei Regenwetter mit weit geöffneten, aufrechten Blüthen, aus welchen die langen Staubfäden weit hervorragen. Der Pollen der untersuchten Arten (der bisweilen ein bedeutendes Procent steriler Körner enthielt) erwies sich, abgesehen von ganz vereinzelten Platzungen, gut resistent und trieb in destillirtem H_2O zahlreiche Schläuche.

Ternströmiaceae.

Clethra alnifolia. Die Staubfäden ragen bei dieser Pflanze ziemlich weit aus den aufrechten Blüthen hervor; der Pollen ist durchaus widerstandsfähig und keimt sehr schön in destillirtem H_2O.

Clethra arborea, welche nickende Blüthen mit relativ kurzen Staubfäden besitzt, führt einen ziemlich widerstandsfähigen Pollen, der jedoch in destillirtem Wasser keine Schläuche treibt.

Tropaeolaceae.

Die Sexualorgane von *Tropaeolum aduncum* sind dem Regen ziemlich stark exponirt. Die Pollenkörner platzen gar nicht in Wasser und können, nachdem sie schon sechs Stunden im destillirten H_2O verweilt haben, durch Zusatz von Rohrzucker zum Keimen veranlasst werden.

Bei *Tropaeolum majus* sind bekanntlich die Staubfäden besser geschützt; der grösste Theil der Pollenkörner platzt ziemlich rasch in destillirtem H_2O.

Malvaceae.

Bei den meisten *Malvaceen* ist der Pollen gegen Regen und Thau gut geschützt und platzt demgemäss sehr gewaltsam im Wasser (*Althaea rosea* u. s. w.). Aufrechte, unbewegliche Blüthen mit exponirten Sexualorganen findet man z. B. bei *Sida dioica,* deren Pollen auch einen dreistündigen Aufenthalt in destillirtem H_2O ohne sichtbaren Schaden vertragen kann.

Euphorbiaceae.

Der Pollen von *Ricinus communis* keimt ziemlich gut in destillirtem H_2O, ist aber nicht so widerstandsfähig wie man angesichts der völlig ungeschützten Sexualorgane erwarten könnte.

Bedeutend widerstandsfähiger ist der Pollen von *Mercurialis annua* (anemophil), der in destillirtem Wasser binnen kurzer Zeit zahlreiche Schläuche treibt. Auch eine in den Jenenser Gewächshäusern kultivirte *Dalechampia*-Art (mit ungeschützten Antheren) erwies sich als sehr widerstandsfähig, zeigte aber die Eigenthümlichkeit, dass die meisten Pollenkörner je zwei Schläuche trieben.

Rutaceae.

Von dieser Familie wurde nur *Limonia* sp. untersucht, deren aufwärts gerichtete, glockenförmige Blüthen wohl hin und wieder bei Regenwetter auch im Innern benetzt werden. Der Pollen erwies sich als gut widerstandsfähig und trieb in destillirtem H_2O zahlreiche Schläuche.

Zygophyllaceae.

Aus dieser Gruppe wurde nur *Peganum Harmala* untersucht, das während regnerischer Tage mit weit geöffneten, aufrechten Blüthen beobachtet wurde. Der Pollen vertrug ohne sichtbaren Schaden einen 12stündigen Aufenthalt in destillirtem H_2O und trieb dabei eine erhebliche Anzahl Schläuche.

Sapindaceae.

Die Verhältnisse bei *Aesculus macrostachya,* der einzigen Pflanze, die aus dieser Familie untersucht wurde, sind schon im Vorigen ausführlich geschildert[1]). Ohne Zweifel wird eine nähere Untersuchung das Vorhandensein zahlreicher resistenter Formen sowohl für diese Familie, wie auch für die verwandten *Aceraceen* ergeben.

---

1) Cfr. p. 12.

Ampelidaceae.

Der Pollen von *Ampelopsis hederacea,* der jedenfalls sehr schlecht geschützt ist, verträgt ohne Schaden einen 3—4 stündigen Aufenthalt in destillirtem Wasser. Bei Zusatz von Citronensäure (1 : 50 000) wird die Exine gesprengt und das Plasma tritt, von der intacten Intine umgeben, in das Medium hinüber, wo es noch eine Zeit lang am Leben bleibt, jedoch meistens ohne Schläuche zu treiben.

Mit *Ampelopsis* stimmen verschiedene *Cissus*-Arten überein.

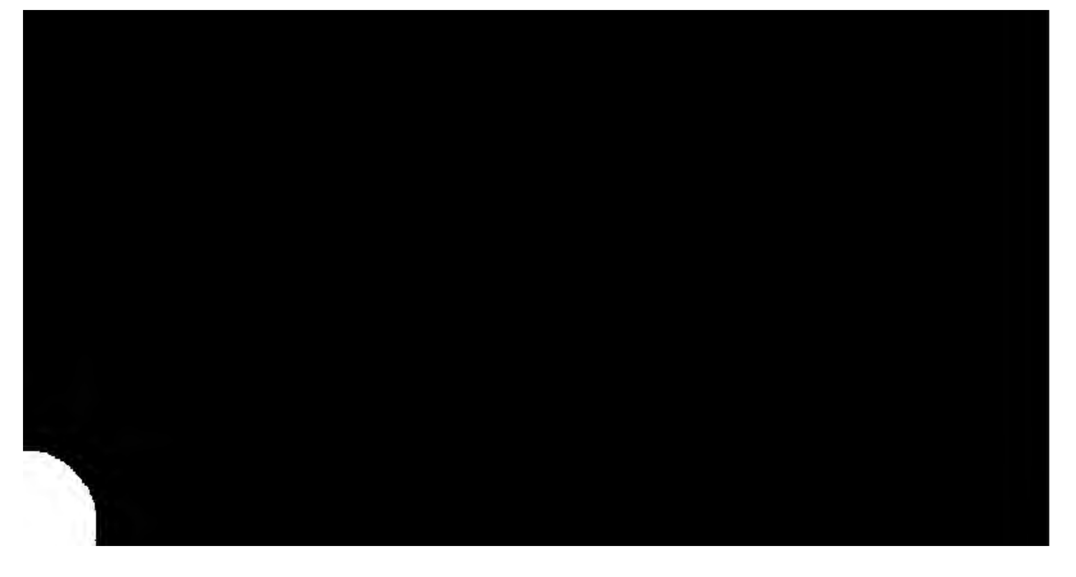
Crassulaceae.

Die Sexualorgane der *Crassulaceen* sind fast durchgängig ungeschützt, weil die Blüthen meistens aufrecht stehen und die Perianthblätter sich bei Regenwetter nicht schliessen. Die Widerstandsfähigkeit des Pollens ist bei den meisten Arten eine sehr grosse (*Sempervivum hirtum, Heuffelii, Reginae Amaliae, Sedum coeruleum, spurium, altaicum, Umbilicus pendulus, Rochea falcata* u. s. w.). Weniger resistent ist dagegen der Pollen bei *Sedum Telephium* und *Sempervivum rutenicum,* obgleich er auch hier dem Regen Preis gegeben ist.

Sempervivum hirtum, Heuffelii, Reginae Amaliae, Umbilicus pendulus, Rochea falcata u. a. keimen ausgezeichnet in destillirtem Wasser, in Jenenser Brunnenwasser dagegen nicht.

Saxifragaceae.

Aus dieser Familie wurde nur eine *Heuchera*- und eine



Keimung, unter Tausenden von Körnern trieben fast alle gut entwickelte Schläuche. In Leitungswasser keine Keimung.

Begoniaceae.

Aus dieser Familie wurden verschiedene, nicht näher bestimmte *Begonia*-Arten untersucht. Die Arten, welche grosse Kronblätter und geschützte Sexualorgane besitzen, führen einen sehr empfindlichen Pollen, während dagegen der Pollen der ungeschützten Formen sich als ziemlich widerstandskräftig erwies. Freilich platzte auch bei diesen Arten eine erhebliche Anzahl Körner, die meisten trieben aber ganz normale Schläuche.

Lythraceae.

Untersucht wurde nur *Lythrum Salicaria*, bei welchem auffallender Weise die kleinen, gut geschützten Pollenkörner resistenzfähiger waren als die grossen, ziemlich exponirten Körner.

Myrtaceae.

Aus dieser Familie untersuchte ich nur *Myrtus communis*, dessen Staubfäden ganz ebenso ungeschützt sind, wie diejenigen der von Kerner erwähnten australischen Myrtaceen. Der Pollen von *M. communis* verträgt ohne Schaden einen 3stündigen Aufenthalt in Wasser; Platzung wurde in destillirtem Wasser nicht wahrgenommen, Keimung aber auch nicht.

Araliaceae.

Aralia sp. Der gänzlich ungeschützte Pollen war nach einem 10stündigen Aufenthalt in destillirtem Wasser noch ganz unbeschädigt.

Umbelliferae.

Aus dieser Familie wurden mehrere Arten untersucht (*Sium latifolium*, *Peucedanum palustre* etc.), welche alle, obgleich ihre Sexualorgane dem Regen exponirt sind, doch einen ziemlich empfindlichen Pollen besitzen.

Ericaceae.

Der Pollen von *Erica ciliaris* und *pedunculata* bleibt im Wasser noch stundenlang am Leben; bei Zusatz von sehr verdünnten Citronensäurelösungen wurde wiederholt Keimung erzielt.

Rhodoraceae.

Die meisten *Rhododendron*- und *Azalea*-Arten stehen auch bei starkem Regenwetter mit geöffneten, fast aufrechten Blüthen, so dass oft beträchtliche Wassermengen sich im Blüthenschlunde ansammeln. — Wie Molisch[1]) gefunden hat, keimt der Pollen dieser Pflanzen sehr schön in destillirtem Wasser, das Spuren von Aepfelsäure enthält.

Primulaceae.

Ganz ungeschützt gegen Regen ist der Pollen von *Lysimachia Nummularia*, deren aufwärts gerichtete Blüthen sich auch beim stärksten Regenwetter nicht schliessen. Der Pollen ist sehr resistent und keimt ausgezeichnet in destillirtem Wasser.

An *L. Nummularia* schliessen sich *L. punctata* und *Anagallis coerulea* (mit ungeschützten Sexualorganen), die beide in destillirtem Wasser keimen, obwohl die Widerstandsfähigkeit hier etwas geringer ist. Auch *Cyclamen europaeum* und *Primula Poissoni*, deren Sexualorgane ziemlich geschützt sind, besitzen einen ziemlich resistenten, in destillirtem Wasser keimenden Pollen.

Hydrophyllaceae.

Bei den im botanischen Garten zu Jena kultivirten Arten dieser Familie (*Eutoca* sp., *Phacelia congesta*, *tanacetifolia*, *Whitlawia*) ragen die Staubfäden sehr weit aus den aufrechten Blüthen hervor. Der Pollen keimt in destillirtem Wasser ziemlich gut, indessen sterben die meisten Körner (und Schläuche) schon nach ein Paar Stunden ab.

---

1) l. c., p. 7.

Solanaceae.

In dieser Familie finden sich alle Abstufungen, von Pflanzen mit absolut resistentem Pollen bis zu Arten mit explosiv platzenden Pollenkörnern, und zwar kommt hier die Beziehung zwischen Schutz und Widerstandsfähigkeit recht deutlich zum Ausdruck.

Die grösste Widerstandsfähigkeit findet sich wohl bei einigen *Nicotiana*-Arten *(N. macrophylla, rustica, Tabacum)*, deren rohr- oder trichterförmige Blüthen zum Theil horizontal, zum Theil mehr oder weniger aufgerichtet stehen und auch bei dauerndem Regen diese Stellung einhalten. Die Pollenkörner dieser Arten platzten im Wasser durchaus nicht, keimen aber ausgezeichnet in destillirtem H_2O. Auch andere *Nicotiana*-Arten mit horizontal oder schräg nach unten gerichteten Blüthen *(N. affinis)* besitzen einen ziemlich widerstandsfähigen, in destillirtem H_2O gut keimenden Pollen.

Bedeutende Widerstandsfähigkeit besitzt der Pollen mehrerer *Solanum*-Arten, z. B. *Solanum Balbisii* und *S. bombense.* Die Blüthenkronen sind bei diesen Arten tellerförmig ausgebreitet und würden, wenn die Blüthen immer vertical nach unten gerichtet wären, dem Pollen einen sehr guten Schutz bieten; da jedoch die Blüthenstiele, besonders bei heissem Wetter, allerlei schräge Lagen einnehmen, werden die Staubbeutel öfters dem Regen ausgesetzt. Der Pollen platzt im Wasser höchstens sporadisch, keimt aber erst, wenn eine Narbe der betreffenden Art in die Kulturflüssigkeit hineingethan wird.

Ziemlich empfindlich ist der Pollen von *S. Dulcamara* und verschiedenen *Datura*-Arten, während das äusserste Extrem in Bezug auf grosse Empfindlichkeit von *Anisodus luridus* dargestellt wird. Die glockenförmigen Blüthen dieser Pflanze entspringen immer der unteren Seite der stark epinastischen Zweige und sind während der Blüthezeit constant nach unten gerichtet. Der Schutz des Pollens gegen Regen kann als ein absoluter betrachtet werden und demgemäss platzen auch die Pollenkörner sehr gewaltsam im Wasser.

Nolanaceae.

Der Pollen von *Nolana prostrata* platzt nur sporadisch in Wasser und bleibt stundenlang lebend, jedoch ohne zu keimen.

Nach einem sehr starken Regenwetter besass die Pflanze ganz geöffnete aufrechte Blüthen.

Scrophulariaceae.

Die meisten Arten dieser Familie sind bekanntlich sehr gut geschützt und platzen gewaltsam bei Berührung mit Wasser (*Scrophularia, Mimulus, Schizanthus, Pentstemon, Linaria* u. s. w.). Ungeschützt sind dagegen viele *Veronica*-Arten, besonders aus der Sect. *Pseudo-Lysimachium* wie *Veronica longifolia, orchidacea, spuria.* Der Pollen dieser Arten platzt nur vereinzelt und keimt ziemlich ausgiebig in destillirtem Wasser, nach Zusatz von Citronensäure (1 : 50000) sogar in einer halben Stunde.

Borraginaceae.

Verschiedene *Echium*-Arten (*E. vulgare, E. rubrum*), deren Staubfäden weit aus den horizontalen oder aufrecht gerichteten Blüthen hervorragen, besitzen einen Pollen, der ohne Schaden einen sechsstündigen Aufenthalt in destillirtem H_2O ertragen kann. Unter Tausenden von Körnern platzte nicht ein Einziges, Keimung wurde aber nicht beobachtet.

Pollen von verschiedenen *Anchusa*-Arten, der durch die stark entwickelten Schlundschuppen gut geschützt ist, platzte ziemlich schnell in destillirtem H_2O.

Gesneraceae.

Die Blüthen von *Aeschinanthus* sp. sind derartig gebaut und nehmen gewöhnlich eine solche Stellung ein, dass die Sexualorgane gegen den einfallenden Regen völlig geschützt sind. In den feuchten Gewächshäusern, wo diese Pflanze gedeiht, sind die Blüthen gewöhnlich mit beträchtlichen Wassermengen gefüllt, was auch, wie mir Prof. Stahl mitgetheilt hat, in den Tropenwäldern bei manchen von den verwandten Cyrtandreen der Fall ist. Der Pollen erweist sich auch als sehr widerstandsfähig und keimt ausgezeichnet in destillirtem H_2O.

Auch *Streptocarpus Rhexii* treibt in destillirtem H_2O sehr schöne und zahlreiche Schläuche.

Labiatae.

Der Pollen der dieser Familie angehörigen Pflanzen ist meistens sehr empfindlich gegen Benetzung, obgleich auch ein gewisser Unterschied zwischen geschützten und ungeschützten Formen zu constatiren ist. Verschiedene *Mentha*-Arten, deren Antheren gänzlich ungeschützt sind, haben einen in destillirtem Wasser nur sporadisch platzenden Pollen, während dagegen die Pollenkörner der gut geschützten Formen in Wasser fast momentan zerstört werden. Doch wird auch bei den ungeschützten Formen der Pollen nicht unerheblich beschädigt.

Selaginaceae.

Der Pollen von *Hebenstreitia comosa* und *H. falcata*, deren Staubfäden dem Regen exponirt sind, platzt in destillirtem Wasser nicht, manche Körner treiben gut entwickelte Schläuche.

Gentianaceae.

Die untersuchten *Gentiana*-Arten (*G. asclepiadea, ciliata, germanica*), deren Sexualorgane in den aufrechten, röhrenförmigen Blüthen wenigstens vorübergehender Benetzung ausgesetzt sind, besitzen einen sehr widerstandsfähigen Pollen, der in destillirtem H_2O rasch Schläuche treibt.

Caprifoliaceae.

Der Pollen von *Diervillea rosea* und *D. splendens*, der in Folge der gewöhnlich schräg aufrechten Stellung der Blüthen ungeschützt ist, platzt nur sehr sporadisch im Wasser, keimt aber erst nach Einlegen eines Narbenstückes.

Valerianaceae.

Die untersuchten Arten von *Patrinia, Centranthus* und *Valeriana*, deren Sexualorgane fast gänzlich ungeschützt sind, platzen auffallender Weise sehr häufig in destillirtem H_2O.

Campanulaceae.

Die grösste Widerstandsfähigkeit fand ich hier bei einer als *C. lactiflora* bestimmten Art, deren Blüthen ganz aufrecht,

im Regenwetter geöffnet standen und deren Pollen sehr gut in destillirtem H_2O keimte. Ziemlich widerstandsfähig erwies sich auch der Pollen von *C. canescens* und *C. Medium;* hier wurde Keimung durch Zusatz von Rohrzuckerlösung erzielt.

Lobeliacae.

Die Orientirung der Blüthen vieler *Lobelia*-Arten (*L. cardinalis, inflata, syphilitica* u. s. w.) ist derartig, dass die Sexualorgane durch den Schlitz der (nach oben gekehrten) Unterlippe frei hervorragen. Der Pollen ist bei diesen Arten sehr resistent (vertrug beispielsweise einen 24stündigen Aufenthalt im Jenenser Brunnenwasser ohne die Keimfähigkeit zu verlieren) und treibt in destillirtem Wasser schon in einer Stunde die schönsten Schläuche.

An die genannten *Lobelia*-Arten schliesst sich auch *Clintonia* sp., deren Pollen ebenfalls sehr gut in destillirtem Wasser keimt.

Bedeutend geringere Widerstandsfähigkeit besitzt der Pollen von *Lobelia Erinus* und *L. fulgens*, bei welchen die Zipfel der (morphologischen) Unterlippe sich zu einem Dache über Narben und Antheren zusammenwölben.

Dipsaceae.

Verschiedene *Dipsacus*- und *Scabiosa*-Arten, deren Staubfäden weit aus den Blüthen hervorragen, besitzen ebenso wie die Umbelliferen und die Valerianeen einen gegen Nässe ziemlich empfindlichen Pollen.

Compositae.

Aus dieser Familie wurden hauptsächlich ein Paar windblüthige Formen untersucht, deren Pollen einen dreistündigen Aufenthalt in destillirtem Wasser ohne sichtbaren Schaden ertrugen. *(Artemisia campestris, vulgaris, Iva* sp., *Ambrosia* sp.).

VI. Die Widerstandsfähigkeit des durchnässten Pollens gegen Austrocknung.

Rittinghaus hat, wie schon erwähnt, sich flüchtig mit dieser Frage beschäftigt[1]). Seine Versuche wurden in der Weise ausgeführt, dass er den befeuchteten Pollen auf einem Objectträger der Austrocknung überliess. Als dann Nährlösung zugesetzt wurde, stellte es sich heraus, dass in zwei Fällen sämmtliche Körner die Keimfähigkeit verloren, im Dritten keimten noch ca. 50 %.

Dass der Pollen unter solchen Versuchsbedingungen abstirbt, kann ja kaum Wunder nehmen, da, wie Rittinghaus selbst hervorhebt, durch Wasseraufnahme diejenigen Stoffmetamorphosen eingeleitet werden, welche schliesslich unter günstigen Umständen zur Keimung führen. Werden nun diese Stoffwechselprocesse plötzlich durch Wasserentziehung gestört oder in andere Bahnen gelenkt, wird ja ein Absterben des Kornes leicht verständlich sein. Darum kann man von vornherein kaum erwarten, dass diejenigen Pollenkörner, welche in destillirtem Wasser Schläuche treiben, eine grössere Widerstandsfähigkeit in dieser Hinsicht besitzen sollen.

Uebrigens ist es einleuchtend, dass die betreffende Widerstandsfähigkeit — ausser von der Dauer des Aufenthaltes im Wasser — abhängig ist sowohl von dem Grade, bis zu welchem die Eintrocknung stattfindet wie auch von der Schnelligkeit der Verdunstung. Gerade in dieser Hinsicht befanden sich die im Rittinghaus'schen Versuche frei auf dem Objectträger ausgebreiteten Körner unter ziemlich ungünstigen Umständen, da wohl die Verdunstung in diesem Falle rasch und ausgiebig verlief.

Indessen habe ich auch in dieser Weise einige Versuche gemacht, obgleich dieselben vom biologischen Gesichtspunkte kaum ein grösseres Interesse darbieten. Ziemlich widerstandsfähig erwies sich der Pollen von *Aeschinanthus* sp., *Plantago media*, *Aquilegia Skinneri*, welche zahlreiche Schläuche trieben, als die durchnässten, dann aber der Austrocknung mehrere Stunden überlassenen Körner mit Rohrzuckerlösung betupft wurden.

---

1) l. c., p. 18.

Zum grössten Theile abgestorben war der Pollen von *Glaucium luteum*, *Lobelia inflata*, *Aesculus macrostachya* und *Datisca cannabina*.

Bemerkenswerth war indessen das Verhalten derjenigen Körner, die nicht isolirt, sondern haufenweise nebeneinander auf dem Objectträger lagen. Diese hatten nämlich in vielen Fällen ihre Keimfähigkeit nicht verloren, sondern trieben bei Zusatz von Wasser gut entwickelte Schläuche (*Aesculus macrostachya*, *Lobelia inflata*). Offenbar hatte hier die Verdunstung langsamer stattgefunden und demnach nicht so schädlich gewirkt. Ausserdem ist es sehr wahrscheinlich, dass in diesem Falle, wo die Körner dicht über und aneinander gedrängt lagen, Mangel an Sauerstoff die für die Keimung nöthigen Stoffmetamorphosen verzögert hat.

Diese Factoren — Verzögerung der Transpiration und Mangel an Sauerstoff — mögen wohl auch in der freien Natur diejenigen Ursachen sein, welche bewirken, dass der Pollen in geöffneten und durchnässten Antheren unter Umständen relativ wenig beschädigt wird und nur selten Schläuche treibt. Indessen habe ich auch beobachtet, dass Pollenkörner, die gegen Benetzung an und für sich resistent waren, ziemlich stark beschädigt wurden, als die durch einen neunstündigen Regen durchnässten Antheren wieder der Verdunstung ausgesetzt wurden (*Glaucium luteum*).

In einer weit günstigeren Lage befinden sich diejenigen Körner, die auf der Narbe von den Regentropfen getroffen werden. In diesem Falle dürfte die Benetzung, vorausgesetzt, dass es sich um widerstandsfähige Formen handelt, nur die Keimung beschleunigen. Gerade in diesem Punkte scheint die hier besprochene Widerstandsfähigkeit des Pollens ihre hauptsächliche Bedeutung zu haben, während dagegen die Erhaltung des ausgestäubten aber noch nicht auf die Narbe gelangten Pollens mehr in den Hintergrund tritt.

VII. Die Ursachen der Widerstandsfähigkeit.

Das Absterben des Pollens im Wasser kann auf zwei Wegen herbeigeführt werden. Entweder wirkt das Wasser an sich giftig auf das Protoplasma, d. h. die Structur des Plasmas wird durch die rapide Wasseraufnahme mehr oder weniger zertrümmert.

Oder das Wasser ist an und für sich unschädlich, wird aber von den in der Vacuolenflüssigkeit enthaltenen Stoffen so stark eingesogen, dass die Intine in Folge des auf sie ausgeübten Druckes zersprengt wird.

Die Empfindlichkeit resp. Widerstandsfähigkeit in ersterem Sinne beruht offenbar auf specifischen Structurverhältnissen innerhalb des Plasmas, über deren Natur sich vorläufig nichts Bestimmtes sagen lässt. Die Empfindlichkeit des Pollens in letzterer Beziehung kann auf zwei Wegen herabgesetzt werden; entweder durch Erhöhung der Zugfestigkeit resp. Dehnbarkeit der Membran oder durch Verminderung der im Vacuolensaft enthaltenen osmotisch wirksamen Stoffquantitäten.

Bei einer näheren Untersuchung der chemischen Inhaltsbestandtheile der Pollenkörner hat sich nun die bemerkenswerthe Thatsache herausgestellt, dass die Pollenkörner der Anemophilen fast ausnahmslos stärkehaltig sind. Wie Molisch hervorgehoben hat [1]) und wie es übrigens schon durch die Arbeiten von Mangin [2]) und Elfving [3]) bekannt war, ist Vorkommen von Stärke bei den Pollenkörnern an und für sich keineswegs eine Seltenheit; auffallend ist aber nicht nur das constante Vorkommen von Stärke bei dem anemophilen Pollen, sondern auch die Grösse der auftretenden Stärkequantitäten — die Pollenzelle ist meistens ganz von Stärkekörnern erfüllt [4]). Da nun die Pollenkörner der Anemophilen meistens gegen Benetzung sehr resistent sind [4]), erscheint es, da die osmotische Wirkung der Stärke gleich Null ist, sehr naheliegend, die Widerstandsfähigkeit des anemophilen Pollens mit dem constanten Stärkegehalt in causalen Zusammenhang zu bringen. Indessen lehrt die Untersuchung des entomophilen Pollens, dass eine Widerstandsfähigkeit sehr gut zu Stande kommen kann, ohne dass deshalb die Reservestoffe als Stärke aufgespeichert werden müssen. Der Pollen der widerstandsfähigsten entomophilen Formen, beispielsweise *Sempervivum hirtum*

---

1) l. c., p. 18.

2) l. c., p. 317.

3) l. c., p. 15 u. s. w.

4) Näheres hierüber wird in einer nächstens erscheinenden Arbeit über die Biologie des anemophilen Pollens mitgetheilt werden.

und *Lobelia cardinalis*, ist fast gänzlich stärkefrei [1]), während dagegen die explosiv platzenden Pollenkörner von *Geranium pratense* und *Althaea rosea* kolossale Stärkemengen enthalten. Auch bei den Anemophilen, deren Widerstandsfähigkeit in bestimmten Fällen verschieden ist, lassen sich keine Beziehungen zwischen Stärkereichthum und Widerstandsfähigkeit constatiren.

Dazu kommt, dass sich das Platzen der Pollenkörner wenigstens in vielen Fällen nicht auf einfache osmotische Vorgänge zurückführen lässt. Das lehrt ja schon die von van Tieghem und Molisch constatirte Thatsache, dass das Platzen der Pollenkörner keineswegs von der osmotischen Wirkung der Kulturflüssigkeit abhängt. So fand z. B. van Tieghem [2]), dass der Pollen von *Ricinus communis* sehr ausgiebig in Gummilösungen nicht aber in destillirtem Wasser platzt. Analoge Beobachtungen haben Correns [3]) an *Primula acaulis* und ich an *Aesculus Pavia* und vielen anderen Pflanzen gemacht [4]). Offenbar waren hierbei Veränderungen im Dickenwachsthum oder der Dehnbarkeit der Intine in nicht zu übersehender Weise mit im Spiel.

Demnach haben einige Bestimmungen der zur Zersprengung der Membran nöthigen Drucksteigerung nur einen sehr geringen Werth. Als beispielsweise der Pollen von *Lobelia cardinalis* nach einstündigem Verweilen in dreiprocentiger Rohrzuckerlösung in destillirtes Wasser übergeführt wurde, traten sehr zahlreiche Platzungen ein, und noch bei Ueberführung aus 2 % Rohrzuckerlösung in destillirtes Wasser platzten eine erhebliche Anzahl Körner. Bei Ueberführung aus einprocentiger Rohrzuckerlösung in destillirtes Wasser wurden dagegen keine Platzungen wahrgenommen. Da nach Pfeffer [5]) die durch eine zweiprocentige Rohrzuckerlösung hervorgebrachte Druckhöhe 101,6 cm Hg beträgt,

---

1) Die mikrochemische Untersuchung spricht dafür, dass die Kohlehydrate in diesen Fällen als schwach osmotisch wirkende Dextrine auftreten. (Erst nach Inversion mit HCl erfolgte Kupferreduction.)

2) l. c., p. 319.

3) Kulturversuche mit dem Pollen von *Primula acaulis*. Ber. d. deutsch. botan. Gesellsch., Bd. VII, p. 265.

4) Der Pollen von *Aesculus Pavia* keimt sehr schön in destillirtem Wasser, platzt aber zum allergrössten Theile in 30procentiger Rohrzuckerlösung.

5) Osmotische Untersuchungen, p. 81.

ist also der osmotische Druck, der bei *Lobelia cardinalis* ein Platzen der Intine herbeiführen kann, gleich 1,3 Atmosphären.

Analoge Versuche mit ganz denselben Resultaten wurden theils mit anderen *Lobelia*-Arten, theils mit *Nicotiana macrophylla* und *Glaucium luteum* ausgeführt. Indessen erhält man in dieser Weise nur eine Vorstellung von der zur Zersprengung der Intine nöthigen Drucksteigerung, nicht aber von dem thatsächlich vorhandenen Drucke. Hier lässt die plasmolytische Methode aus Gründen, die schon entwickelt sind, vollständig im Stich[1]), und es muss deshalb zugestanden werden, dass sich über die Ursachen der Widerstandsfähigkeit des ungeschützten Pollens zur Zeit nichts Bestimmtes sagen lässt.

VIII. Die Bedeutung der Schutzmittel und das Platzen des Pollens vom biologischen Gesichtspunkte.

Die Thatsache, dass der Pollen sehr vieler Pflanzen vom Wasser gar nicht beschädigt wird, steht in ziemlich scharfem Widerspruche mit der landläufigen Ansicht der Blüthenbiologen. Gewöhnlich wird ja angenommen, das Platzen der Pollenkörner im Wasser wäre eine nothwendige Begleiterscheinung gewisser Eigenschaften, welche dem Pollen das Austreiben der Schläuche ermöglichen, eine lästige conditio sine qua non, gegen deren üble Folgen sich die Pflanzen durch allerlei sinnreiche Einrichtungen schützen müssten. Die mitgetheilten Beobachtungen lehren aber, dass dies keineswegs der Fall ist, und hiermit harmonirt auch die schon öfters erwähnte Thatsache, dass so viele Pflanzen jeden Pollenschutz entbehren. Es braucht ja eigentlich nur an die Capparidaceen mit ihren, man möchte fast sagen demonstrativ exponirten Sexualorganen erinnert zu werden, um die Kerner'sche Ansicht von der Unentbehrlichkeit der fraglichen Schutzmittel über den Haufen zu werfen. Im Gegentheil bekommt man oft den Eindruck, dass es den Pflanzen gar nicht daran gelegen ist, den Pollen gegen Regen zu schützen,

1) Cfr. p. 7. Auch Harnstoff, der, wie de Vries gezeigt hat, gewöhnlich ziemlich langsam durch das Plasma eindringt, wirkt zu giftig auf den Pollen, um hier in Betracht zu kommen.

und zwar nicht einmal in solchen Fällen, wo ein Regenschutz relativ leicht zu Stande zu bringen wäre. Die glocken- oder trichterförmigen Blüthen verschiedener *Nicotiana*-Arten würden, wenn sie vertical abwärts gerichtet wären, dem Pollen einen fast absoluten Schutz leisten; indessen richtet sich eine gewisse Anzahl der Blüthenstiele immer derart nach oben, dass das Innere der Blüthen beim Regenwetter mit Wasser gefüllt wird. Die tellerförmigen Kronen von *Solanum Balbisii* würden dem Pollen als vorzüglicher Regenschirm dienen können, wenn nicht die Blüthen, besonders bei warmem Wetter, sich schräg nach oben richteten. Die Blüthen der *Lobelia*-Arten drehen sich bekanntlich vor dem Aufblühen um 180°, und eben diese Drehung bewirkt, dass die Narben und Staubfäden dem Regen exponirt werden. Aehnliches gilt von *Lilium tigrinum, L. speciosum, Aquilegia* u. s. w.

Uebrigens fällt es bald auf, dass nicht nur die Verbreitung, sondern auch der Effect des Schutzmittels von Kerner u. a. in vielen Fällen weit überschätzt worden ist. Ohne auf eine Kritik der einschlägigen Behauptungen des genannten Forschers eingehen zu wollen, will ich nur darauf hinweisen, dass z. B. das Schliessen der Blüthen als Pollenschutz in vielen Fällen gar nicht die Rolle spielen dürfte, die von Kerner dieser Erscheinung zugeschrieben wird. Unzweifelhaft tritt bei andauerndem Regen ein Schliessen der Blüthen in den von Kerner angegebenen Fällen ein, aber gegen die plötzlichen und bekanntlich oft sehr intensiven Regengüsse, von denen so viele der schönsten Tage im Frühling und im Sommer heimgesucht werden, lässt dies Schutzmittel oft genug vollständig im Stich. Wenigstens habe ich wiederholt beobachtet, dass die Blüthen von *Nymphaea, Gentiana asclepiadea* und *Colchicum autumnale* — gerade diejenigen Pflanzen, die von Kerner als in dieser Hinsicht typische Beispiele angeführt werden — vom Regenwasser gänzlich gefüllt standen, und zwar zu einer Zeit, wo die Antheren wohl geöffnet, aber lange nicht entleert waren. Da der Pollen der eben genannten Arten gegen Nässe völlig widerstandsfähig ist, erscheint auch ein besonderer Regenschutz ziemlich unnöthig, womit natürlich nicht gesagt werden soll, dass die betreffenden Schliessbewegungen überhaupt nutzlos wären.

Ebenso soll es keineswegs in Abrede gestellt werden, dass es unzählige Pflanzen giebt, welche rettungslos verloren wären, wenn ihr Pollen jedem Regengusse ausgesetzt wäre. Aber es fragt sich, ob man wirklich berechtigt ist die Form- und Stellungsverhältnisse der Blüthen, in dem Maasse wie es Kerner thut, als Anpassungen für den Pollenschutz zu deuten. Wenn es feststeht, dass das Platzen des Pollens bei Berührung mit Wasser keineswegs eine allgemeine oder für eine gute Keimung nothwendige Eigenschaft des Pollens ist, erscheint es nicht unwahrscheinlich, dass das Platzen des Pollens phylogenetisch eine spätere Erscheinung ist, die sich erst dort entwickelt hat, wo der Pollen durch die Form- und Stellungsverhältnisse der Blüthen dem Einfluss der atmosphärischen Niederschläge entzogen wurde.

Es ist einleuchtend, dass von den austreibenden Pollenschläuchen derjenige das Ziel — die Eizelle — erreichen wird, der ceteris paribus am schnellsten wächst. Um aber ein schnelles Wachsthum zu ermöglichen, muss das Korn resp. der Schlauch relativ grosse Wassermengen aufnehmen können, und obwohl die Wachsthumsenergie bekanntlich keineswegs von der Turgorgrösse allein abhängt, wird sich doch bei den Pollenkörnern bald das Bestreben geltend machen, wasseranziehende Molekulargruppen in sich zu entbinden. Dies Bestreben wird um so stärker sein, als ja dem auf der Narbe keimenden Pollen oft nur ganz geringe Wasserquantitäten zur Verfügung stehen, die beim späteren Durchwachsen des Griffels unter Umständen anderen Zellen entnommen werden müssen. Mit dem Vorhandensein wasseranziehender Verbindungen innerhalb der Pollenzelle ist aber auch die erste Bedingung des Platzens gegeben. Während nun der Wettkampf der einzelnen Pollenschläuche um die Eizelle darauf gerichtet ist, schnell wachsende (und chemotropisch empfindliche) Körner heranzuzüchten, werden bei den ungeschützten Formen die atmosphärischen Niederschläge bewirken, dass die leicht platzenden Körner im Allgemeinen eliminirt werden, und die Zukunft gehört denjenigen Pollenzellen, die ohne von Wasser geschädigt zu werden, die grösste Wachsthumsenergie, die grösste chemotropische Empfindlichkeit u. s. w. besitzen.

Ganz anders bei den geschützten Formen. Hier werden die am schnellsten wachsenden Schläuche das Feld behaupten,

gleichgültig ob sie ihre grosse Wachsthumsenergie durch gesteigerte Empfindlichkeit gegen Wasser erkaufen müssen oder nicht. Und da, wie schon hervorgehoben, die dem keimenden Korne zu Gebote stehenden Wassermengen in vielen Fällen ziemlich gering sind, wird das Vorhandensein relativ grosser Quantitäten wasseranziehender Stoffe ohne Weiteres verständlich.

Anhang.

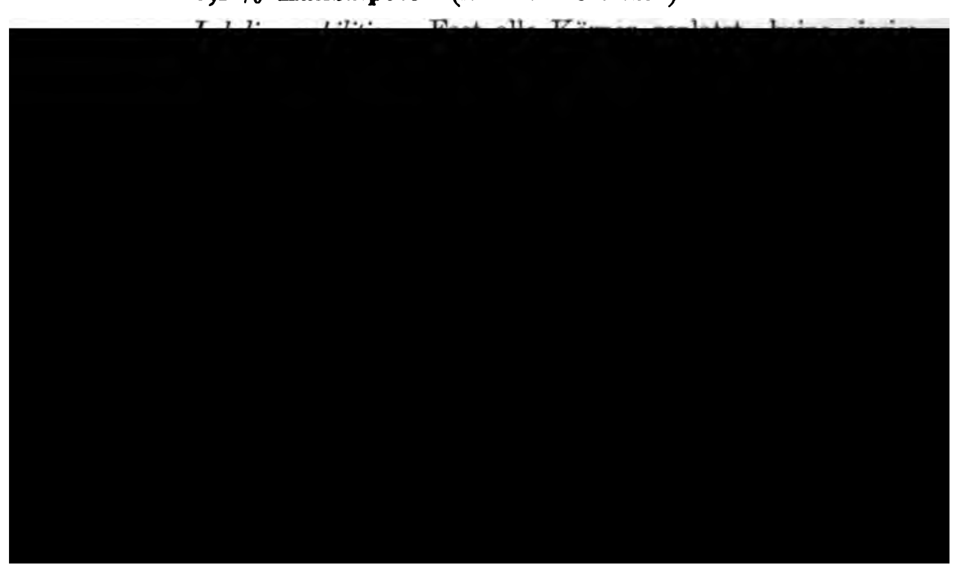
Die Einwirkung von Mineralsalzen auf den Pollen.

Das eigenthümliche Verhalten vieler Pollenkörner im Jenenser Leitungswasser (cfr. p. 9) veranlasste mich, die Einwirkung verschiedener Mineralsalze auf den Pollen einer näheren Untersuchung zu unterwerfen. Zur Verwendung kamen hauptsächlich Kalisalpeter, Kalknitrat und Chlornatrium, deren Einwirkung in verschiedenen Concentrationen auf den Pollen von *Lobelia inflata, cardinalis* und *syphilitica, Nicotiana macrophylla* und *Glaucium luteum* geprüft wurde.

Es stellte sich gleich heraus, dass 1procentige Lösungen dieser Salze für den Pollen sehr giftig sind. Schon nach einer halben Stunde zeigte die eintretende Dunkelfärbung der meisten Körner, dass dieselben im Absterben begriffen oder schon abgestorben waren; einzelne Körner waren geplatzt, nicht ein einziges hatte es aber zur Schlauchbildung gebracht.

Es wurden nun Kulturen mit niedrigen Concentrationen angestellt; von den Resultaten mögen folgende angeführt werden:

0,1 % Kalisalpeter (nach 18 Stunden):



0,01 % **Kalisalpeter** (nach 5 Stunden):

Lobelia inflata und *L. syphilitica*. Sehr schlechte Keimung, viele Körner sind geplatzt, alle abgestorben.

Nicotiana macrophylla. Viele normale Keimungen.

Glaucium luteum. Die meisten Körner schon nach zwei Stunden geplatzt.

0,1 % **Kalknitrat** (nach 7 Stunden):

Lobelia inflata und *cardinalis*. Ziemlich ausgiebige Keimung, dabei aber recht viele Platzungen; sämmtliche Körner (gekeimte und ungekeimte) abgestorben.

L. syphilitica. Fast ebenso gute Keimung wie in destillirtem H_2O.

Nicotiana macrophylla und *N. affinis*. Fast alle Körner explosiv geplatzt, nicht eine einzige Keimung.

Glaucium luteum. Alle Körner schon nach zwei Stunden explosiv geplatzt.

0,01 % **Kalknitrat** (nach 7 Stunden):

Lobelia inflata. Ziemlich gute Keimung.

Nicotiana macrophylla. Die meisten Körner geplatzt und gestorben, aber dabei ca. 20 % normal gekeimt.

Glaucium luteum. Die meisten Körner geplatzt, einzelne normal gekeimt.

0,1 % **NaCl** (nach 7 Stunden):

Nicotiana macrophylla. Fast alle Pollenkörner abgestorben, nur sporadische, anormale Keimung.

Glaucium luteum. Sporadische Platzungen, sonst ziemlich unbeschädigt.

Lobelia syphilitica und *cardinalis*. Ziemlich gute Keimung.

Aus diesen fragmentarischen Beobachtungen geht zweierlei hervor. Erstens, dass Mineralsalze [NaCl, KNO_3, $Ca(NO_3)_2$] im Allgemeinen einen sehr schädlichen Einfluss auf den Pollen ausüben, indem in bestimmten Fällen schon 0,01procentige Concentrationen genügen, um den Tod des Pollens herbeizuführen. Zweitens, dass der Pollen verschiedener Pflanzen sich gegen bestimmte Salze ganz verschieden verhält; so ist beispielsweise

Kalknitrat sehr giftig für die *Nicotiana*-Arten, aber relativ unschädlich für die *Lobelia*-Arten, während dagegen gerade das Umgekehrte für den Kalisalpeter gilt. Für *Glaucium luteum* sind Kalk- und Kalisalpeter ungefähr gleich schädlich.

Die Schädlichkeit des Jenenser Leitungswassers, das jedenfalls sehr kalkhaltig ist, wird somit ohne Weiteres verständlich.

Indessen muss es betont werden, dass die oben angeführten Zahlen nur für den Fall Giltigkeit besitzen, dass in der Kulturflüssigkeit ausser dem zu prüfenden Salze sich keine anderen Substanzen befinden. So wird beispielsweise der schädliche Einfluss von Kalknitrat in 0,1 procentiger Lösung sehr erheblich abgeschwächt, wenn die Lösung 10 % Rohrzucker enthält, und Aehnliches gilt auch für Salpeter und Kochsalz. Die Thatsache, dass viele in Leitungswasser platzende Pollenkörner sehr gut in Zuckerlösungen keimen, die aus Jenenser Leitungswasser bereitet sind, erhielt dadurch ihre Erklärung.

Die Arbeit wurde zum grössten Theile im botanischen Institute unter Leitung des Herrn Professor Dr. E. Stahl ausgeführt; es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Professor Dr. Stahl, sowie auch Herrn Professor Dr. A. Zimmermann für vielfache Anregung meinen aufrichtigen Dank auszusprechen.

Jena, September 1895.

Mikrotechnische Mittheilungen III.

Von

Ludwig Koch.

Mit 1 Holzschnitt.

I. Ein neues Jung'sches Mikrotom und seine Verwendung in der Pflanzenanatomie.

Das englische Cathcart improved microtom[1]) besteht aus einem Metallcylinder, der durch eine Mikrometerschraube — sie besitzt keine Eintheilung, sondern wird beliebig, nach Erfahrung gestellt — zu heben ist. Der Cylinder trägt das Object. Dies befindet sich zwischen zwei parallelen mit Glas gedeckten Bahnen. Das einem Hobeleisen ähnliche, mit Handgriff versehene Messer wird aus freier Hand über die Bahnen geführt.

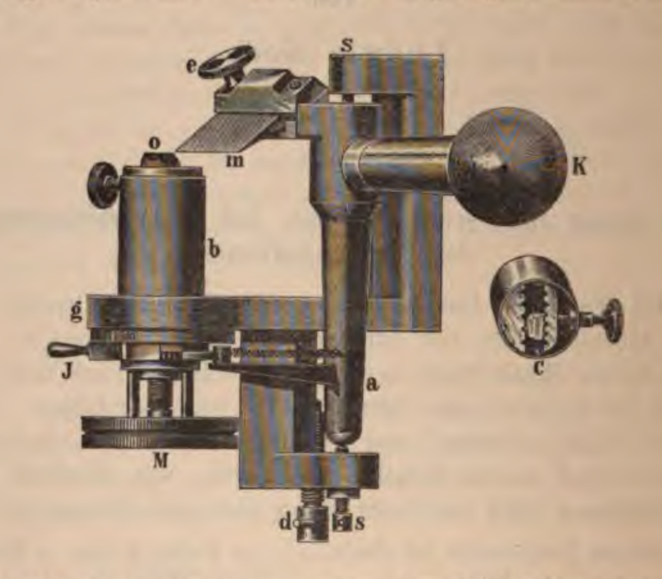
Diesem Instrument ist dasjenige der Firma Jung in Heidelberg zwar nachgebildet, wie aber bereits Schiefferdecker[2]) gelegentlich einer Besprechung zutreffend hervorhebt, völlig umgestaltet und erst wirklich brauchbar gemacht.

Das Jung'sche Mikrotom besteht aus einem massiven gusseisernen Gestell, das mittelst Klammer und Schraube an einer vorspringenden Tischkante zu befestigen ist. Die Grundplatte des Gestells (*g* umstehender Figur) dient zugleich als Mutter für die Mikrometerschraube (*M*). Ferner trägt die Platte einen Hohlcylinder (*b*), in den ein Einsatzcylinder gesteckt werden kann.

1) Beschrieben und abgebildet in der Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie und für mikroskopische Technik, Bd. VI, 1889, p. 486.

2) P. Schiefferdecker, ebendaselbst, Bd. IX, 1892, p. 168.

Der Einsatzcylinder — es werden, wie wir noch sehen werden, dem Instrument mehrere beigegeben — ist zugleich Objecthalter. Auf die Befestigung und Orientirung des Objectes *(o)* wird später noch einzugehen sein. Gehoben wird dasselbe mit dem Einsatzcylinder, der seinerseits wieder eine Hebung durch die Mikrometerschraube erfährt, die, wie wir sahen, die Grundplatte durchbricht. Die Führung des Einsatzcylinders — nennen wir ihn für die Folge Objecthalter — übernimmt der genügend massive äussere



Hohlcylinder (*b*). In diesen muss der Objecthalter heruntergedrückt werden, falls aus irgend einem Grunde die Mikrometerschraube zurückgedreht wurde.

Das Object wird nicht, wie bei dem englischen Original, unter freier Messerführung geschnitten. Dieselbe ist vielmehr eine mechanische.

Zu diesem Zweck übernimmt eine an dem Gestell vorhandene Verticalklammer die Führung einer starken Stange *(a)*. Sie ist zwischen zwei Schraubenspitzen drehbar *(S)*, die in die Klammerenden eingelassen sind. Die untere Schraube wurde zum Nachstellen eingerichtet. Es kann somit leicht nachgeholfen werden, falls sich mit längerer Benutzung des Instrumentes die Spitzen etwas abgenutzt haben.

Die Führungsstange trägt zwei horizontal abstehende Arme. Der eine, auf der linken Seite des Instrumentes befindliche, ist als Messerhalter eingerichtet. Er besteht aus einer Klammer, in die durch Anziehen der äusseren Schraube (*e*) das starke, einem Hobeleisen ähnliche Messer (*m*) fest eingeklemmt werden kann. Dasselbe befindet sich über dem Objecthalter.

Der auf der rechten Seite der Führungsstange vorhandene Arm endet in einen Handgriff (*K*). Dieser vermittelt die Drehung der Stange und damit auch die Bewegung des Messers. Wird der Griff nach rückwärts, also abgewandt von dem Arbeitenden, geführt, so bewegt sich das Messer vorwärts, gegen den Arbeitenden hin. Es geht über Objecthalter und Object und schneidet dieses nach genügender Hebung durch die Mikrometerschraube an.

Schiefferdecker[1]) hebt bereits hervor, dass das Messer auf dem Radius eines Kreises sitzt und verschoben wird, indem dieser Radius sich um einen als Mittelpunkt des Kreises zu denkenden Drehpunkt bewegt. Die einzelnen Punkte der Messerschneide würden damit concentrische Kreise beschreiben, wobei die dem Drehpunkt weiter abliegenden grössere Kreise zeigen, als die ihm näher befindlichen. Das Object wird an verschiedenen Stellen mit verschiedener Schnelligkeit durchschnitten.

Praktische Nachtheile haben sich — es handelte sich um Paraffinmaterial — hieraus nicht ergeben. Von inneren Verschiebungen, Faltenbildung oder ähnlichen Fehlern der Schnitte, die als Folge einer Stauchung hätten erwartet werden können, war nichts zu bemerken. Ich kann dies nur bestätigen. Bedenken gegen die Construction lägen damit nicht vor, und zwar, wie es scheint, aus dem Grunde, weil die Schnittfläche der für das Instrument in Betracht kommenden Objecte und damit deren in radiärer Richtung liegender Durchmesser verhältnissmässig klein ist gegenüber dem die Kreisbewegung vermittelnden Hebelarm.

Für botanische Zwecke dienen zwei der als Objecthalter bezeichneten Einsatzcylinder.

---

1) a. a. O., p. 170.

Der eine, vorzugsweise für Paraffinmaterial bestimmte, besitzt eine seitliche Schraube. Sie wirkt gegen eine Platte, die ihrerseits einen grösseren planconvexen Paraffinklotz festzuklemmen bestimmt ist. Der Klotz kann in einem eigens hierzu gefertigten Metallrähmchen gegossen werden. Die bereits eingebetteten Pflanzentheile hat man dann so vorzubereiten, dass sie nur von einem verhältnissmässig schwachen Paraffinmantel umgeben sind. Alsdann erfolgt Aufschmelzen auf den planconvexen Block vermittelst heissem Metalldraht[1]).

In zweiter Linie kann der Objecthalter auch für grössere, nicht oder nur theilweise eingebettete Pflanzentheile — wir werden hierauf noch zurückzukommen haben — mit Vortheil benutzt werden.

Der zweite Objecthalter *(C)* unterscheidet sich von dem ersten dadurch, dass neben der durch die Seitenschraube beweglichen Platte noch eine zweite feste vorhanden ist. Zwischen beide — die räumlichen Verhältnisse sind somit absichtlich beschränkt — kommt das einzuklemmende Material. Als solches wären zunächst zu nennen, die ungleich häufiger zu bearbeitenden kleineren Pflanzenstücke und hier vor Allem diejenigen, welche einer Einbettung nicht oder nur zum Theil bedürfen.

Aber auch für kleineres Paraffinmaterial hat der Objecthalter in vielen Fällen seine Annehmlichkeit. Dies trifft zu für Objecte, die fest genug sind, um durch den Druck der Klemmvorrichtung nicht beschädigt zu werden. Getreidekörner beispielsweise und ähnlich feste pflanzliche Objecte hat man nicht nöthig einem Paraffinklotz aufzuschmelzen, sie lassen sich direct in den Halter einspannen.

Vor Beginn des Schneidens giebt man der Mikrometerschraube den tiefsten Stand. Das auf den Objecthalter wirkende Schraubenende soll sich im Niveau der Bodenfläche des äusseren Hohlcylinders (*b*) befinden. In diesen setzt man dann den für das betreffende Object geeigneten Halter ein und befestigt letzteres.

Insoweit es sich hier um aufzuschmelzende Objecte

1) Das Nähere findet man in meiner Arbeit über Paraffineinbettung. Pringsheim's Jahrbücher f. wissensch. Botanik, Bd. XXI, p. 378 ff.

handelt, müssen sie schon beim Aufschmelzen orientirt werden. Je nachdem man Quer- oder Längsschnitte herzustellen beabsichtigt, sind die Pflanzentheile genau senkrecht oder parallel zur oberen Fläche des einzuspannenden Paraffinblockes aufzusetzen, was bei einiger Uebung unschwer gelingt.

Objecten dagegen, welche sich direct in den Halter einspannen lassen, ist hierbei die gewünschte Lage zu geben. In diesem Falle können auch leicht nachträgliche Aenderungen in der Orientirung vorgenommen werden.

In beiden Fällen ist so einzuspannen, dass die Anschneidestelle des Objectes sich etwa 5 mm über dem Halter befindet. Dies gilt besonders für leicht schneidbare, weiche Objecte. Bei schwer schneidbaren, also festen dagegen, empfiehlt es sich, die Objecte nur sehr wenig, etwa 2 mm überragen zu lassen. Die hierdurch bedingte kleine Unbequemlichkeit, das Object häufiger ausspannen und heben zu müssen, wird aufgewogen durch die grössere Sicherheit des Schneidens. Der Anfänger muss sich hier nur daran gewöhnen, das Umspannen rechtzeitig vorzunehmen, damit nicht bei zu hohem Stand des Objecthalters das Messer an diesen geräth und gefährdet wird.

Bevor man das massive und sehr widerstandsfähige Messer einschraubt, ist es auf einem Streichriemen gut abzuziehen. Dies gelingt bei einiger Uebung ohne besondere Vorrichtung. Bequemer erweist sich allerdings die Benutzung eines ebenfalls von der Firma Jung zu diesem Zweck angefertigten, an das Messer anschraubbaren metallnen Handgriffes.

Das in das Mikrotom eingespannte Messer ist stark geneigt. Seiner Schneide lässt sich somit durch entsprechendes Festschrauben eine höhere oder tiefere Lage geben. Hierin hat man eine Art grobe Einstellung. Man spanne nun, um die Mikrometerschraube zu entlasten, bei Beginn der Arbeit thunlichst tief ein. Die Schneide soll so stehen, dass sie nahezu das Object berührt. Es genügt dann eine geringe Nachhilfe mit der Mikrometerschraube, um Object und Messer zusammenzubringen und mit dem Schneiden anzufangen.

In Bezug auf die Construction der Mikrometerschraube liefert die Firma Jung das Mikrotom in dreierlei Ausstattung.

Bei dem einen, sich an das englische Original anlehnenden Instrument, wird die Schraube nach dem Gefühl gestellt. Als Anhaltspunkt kann dabei dienen, dass bei einer Totalumdrehung das Object um 0,5 mm gehoben wird.

Es liegt auf der Hand, dass bei diesem Instrument eine irgendwie sichere Beurtheilung der Schnittdicke unmöglich ist. Allerdings können Erfahrung und Geschicklichkeit hier bis zu gewissem Grade ersetzen, was dem Instrument an Genauigkeit abgeht. Aber selbst mit Erlangung einer derartigen Fertigkeit ist die Handhabung des Mikrotoms, das ich nicht empfehlen möchte, unbequem und schliesslich auch zeitraubend. Letzteres trifft besonders da zu, wo es sich um Feststellung der geeigneten, für die Einzelobjecte ja meist verschiedenen Schnittdicke handelt.

Als weitaus besser muss ich schon die zweite Construction bezeichnen, bei der die Mikrometerschraube mit Eintheilung und Index versehen ist. Die Schnitte können hier vollständig gleich dick hergestellt werden, es lässt sich auch schneller und genauer die für das Einzelobject geeignete Schnittdicke ermitteln. Nur wird man es vielleicht als Unbequemlichkeit empfinden, dass man bei jedem Schnitt die Schraube einstellen muss.

Legt man Werth auf schnelles und bequemes Arbeiten, so ist das dritte Instrument zu wählen. Bei ihm erfolgt die Hebung des Objectes automatisch. Sie ist, wie ich gleich hier erwähnen will, eine verhältnissmässig einfache und sicher wirkende. Bei dem Zurückgehen des Messers greift ein federnder, von einem tief angebrachten Arme der Führungsstange *(a)* ausgehender Haken in ein Zahnrad ein, das die Mikrometerschraube in Bewegung setzt. Die Zahl der zu fassenden Zähne, also der Grad der Drehung der Mikrometerschraube und damit auch der Hebung des Objectes, lässt sich durch eine mit Eintheilung versehene Scheibe reguliren. Deren Eintheilung zeigt zehn Theilstriche. Bei Einstellung eines Index *(J)* auf den ersten Strich wird mit jeder Bewegung des Handgriffes des Mikrotoms nach dem Arbeitenden hin — es ist darauf zu achten, dass der Hebel gut anschlägt — das Object um 10 μ gehoben. Der zweite Theilstrich ergiebt Schnitte von 20, der dritte von 30 μ u. s. f.

Erwähnt sei, dass das Instrument unempfindlich ist auf das Einstellen zwischen zwei Theilstriche. Schnittdicken von 15, 25, 35 μ etc. sind somit nicht zu erzielen.

Lässt sich nun auch nicht leugnen, dass derartige Dicken manchmal erwünscht sein können, so muss ich doch andererseits sagen, dass man im Grossen und Ganzen auch ohne sie auskommt. Man hat hier zu berücksichtigen, dass es sich in erster Linie um ein einfaches und billiges Instrument handelt, ferner, dass die hierin begründeten Vortheile gefährdet würden durch complicirtere Einrichtungen, die sich schliesslich doch nicht in dem Grade von Vollkommenheit anbringen lassen, dass die theueren Instrumente entbehrlich werden. Wie wir noch sehen werden, gilt dies auch von den Orientirungsvorrichtungen des Objectes etc.

Bei dem verhältnissmässig geringen Preisunterschied[1]) des Mikrotoms mit Index und Eintheilung gegenüber dem automatisch arbeitenden, möchte ich entschieden dem letzteren den Vorzug geben. Das Instrument gestattet — das ist praktisch von bedeutendem Vortheil —, dass man die volle Aufmerksamkeit dem zu schneidenden Object widmet.

Ueber dessen Bearbeitung wäre wenig mehr zu sagen. Da die Messerführung eine mechanische ist, so bedarf es keiner längeren Uebung, um mit Erfolg schneiden zu können. Es lernen, wie ich zu beobachten Gelegenheit hatte, die Anfänger weitaus schneller arbeiten, als beispielsweise an theueren Instrumenten, deren Messerschlitten mit der Hand bewegt wird. So einfach letztere Bewegung aussieht, so erfordert sie doch, im Hinblick auf absolut gleiche Schnittdicke, besonders der Serienschnitte, schon einen ziemlichen Grad von Geschicklichkeit.

Von Vortheil ist diese bei unserem einfachen Intrumente ebenfalls. Geht hier das Messer auch in einer ganz bestimmten, die gleichmässige Schnittdicke verbürgenden Bahn, so kann man es doch rascher oder langsamer wirken lassen. Es ist Erfahrungssache, mit welcher Gangart man bei dem betreffenden Object die besten Resultate erzielt. Besonders bei festeren

1) Das einfachste hier beschriebene Mikrotom kostet M. 24. Das mit Index und Eintheilung M. 29. Das mit automatischer Objecthebung M. 37.

Pflanzentheilen wird man häufig durch ein langsames aber gleichmässiges, etwaige stärkere Widerstände berücksichtigendes, Durchziehen des Messers verhindern, dass Quetschung oder Zerreissung von Gewebselementen stattfinden.

In Bezug hierauf ist übrigens auch die Wahl der Schnittdicke von Bedeutung. Je dünner der Schnitt, um so grösser ist die Gefahr, dass er zerreisst.

Das Rollen der Schnitte auf dem Messer lässt sich am leichtesten mit einer gekrümmten Nadel verhindern. Mit ihr hat man beim Anschneiden der Paraffinfläche die entstehende Scheibe etwas niederzuhalten. Ein Festdrücken an das Messer ist zu vermeiden, da der Schnitt sonst anklebt und meist verunglückt. Die einzige Schwierigkeit liegt in dem Gebrauch der Nadel mit der linken Hand, die hieran zu gewöhnen nöthig wird, weil die rechte ja an dem Handgriff des Mikrotoms beschäftigt ist.

Was die Bearbeitung von Paraffinmaterial anlangt, so genügt, wo es sich um Herstellung von Querschnitten in einer Dicke von 10—20 μ handelt, das Instrument den an es zu stellenden Anforderungen vollständig. Auch mit der primitiven Orientirung — dem thunlichst genau auszuführenden Aufschmelzen des Objectes auf den grossen, oben erwähnten planconvexen Paraffinblock — reicht man hier aus.

Nicht immer dagegen ist dies der Fall bei Längsschnitten. Es gehört schon viel Erfahrung dazu, um bei ihnen das Richtige zu treffen.

Sind die Objecte nicht umfangreich, so empfiehlt es sich, sie annähernd genau orientirt einem rechteckigen, kleineren Paraffinklotz aufzuschmelzen und den zweiten der oben beschriebenen Objecthalter zu wählen, dessen räumliche Verhältnisse immerhin noch die Aufnahme eines derartigen Blockes gestatten. Durch geeignetes Einsetzen zwischen die beiden Klemmplatten ist immer noch eine sicherere Orientirung möglich als durch alleiniges Aufschmelzen, wie denn auch noch nachträgliche Aenderungen vorgenommen werden können, sollte es sich an Probeschnitten herausstellen, dass die Orientirung eine fehlerhafte war.

Auch diese Art der Orientirung genügt indessen nicht für alle Fälle. Dies gilt besonders dann, wenn man Längsschnitt-

serien herzustellen beabsichtigt. Für sie, sowie für alle diejenigen Objecte, welche, wie beispielsweise gekrümmte Pflanzentheile, eine feinere Orientirungsvorrichtung erfordern, sind die vollkommeneren Mikrotome zu wählen.

Die Benutzung unseres Instrumentes für Paraffinmaterial ist somit beschränkt, es dient hier mehr als Aushilfsinstrument. In dieser Eigenschaft leistet es mehr, als man nach dem Gesagten erwarten sollte. Nur in wenigen Instituten wird es beispielsweise möglich sein, jedem Praktikanten ein feines Mikrotom zur dauernden Verfügung zu stellen. Hier hat das billige zeitweilig, wenn die anderen gerade im Gebrauch sind, einzutreten. Dieser ist, berücksichtigt man, dass es sich in der Praxis fast überwiegend um Querschnitte handelt, ein recht ausgedehnter.

Endlich halte ich es auch nach meiner Erfahrung für zweckmässiger, den Anfänger nicht sofort an ein complicirtes Instrument zu setzen, mit dem er natürlich schwerer zurecht kommt, sondern zunächst an ein einfaches, mit dem sich schneller günstige Resultate erzielen lassen.

Die praktische Bedeutung unseres Mikrotoms liegt nun keineswegs bloss in seiner Eigenschaft als Aushilfsinstrument für Paraffinmaterial. Weit wichtiger ist es, dass das Mikrotom sich zum Schneiden fester Pflanzentheile recht gut eignet. Für sie sind bekanntlich alle Schlittenmikrotome, deren Messer- oder Objectschlitten in offenen Bahnen laufen, unbrauchbar, weil jeder irgendwie beträchtlichere Widerstand des Objectes die Schlitten aus ihren Bahnen hebt.

Ein einfach gebautes Mikrotom, mit dem man widerstandsfähigere Objecte bearbeiten kann, ist also geradezu ein Bedürfniss. Ich habe deshalb eingehend geprüft, was das Mikrotom in dieser Richtung leistet. Die Resultate mögen hier mitgetheilt werden.

Zunächst wählte ich ein Object, dessen Festigkeit gewiss nichts zu wünschen übrig lässt. Es war dies der Same von *Phoenix dactylifera*. Er wurde mittelst Meissel quer gespalten und längs in den zweiten der oben beschriebenen Objecthalter eingespannt.

Die Querschnittfläche war eine unebene. Mit Beginn des Schneidens griff das Messer nur die überstehenden Partieen der Gesammtfläche an. Man erhielt somit zunächst kleine Quer-

schnitte, die sich allerdings im weiteren Verlauf des Schneidens successiv vergrösserten. Bis etwa $^1/_4$ der gesammten Querschnittfläche erreicht war, schnitt sich das Object recht gut und zwar sowohl bei Einstellung auf 10 als auch auf 20—30 μ. Die mikroskopische Prüfung ergab, dass die Schnitte völlig gleichmässig dick und in Bezug auf die histologischen Elemente durchaus intact waren. Nicht nur für deren Studium genügten die Präparate — sie wurden in Glyceringelatine eingelegt — vollauf, sie sind auch äusserst elegant und hätten aus freier Hand auch nicht entfernt in dieser Vollkommenheit hergestellt werden können.

Schneidet man weiter, vergrössert man also die Querschnittfläche mehr und mehr, so treten Störungen ein. Sie äussern sich darin, dass besonders bei dünnem Schneiden (10 μ), das Messer das eine Mal versagt, das andere Mal aber die Schnitte in etwa doppelter Dicke nimmt. Auch sind dann die Einzelschnitte meist nicht mehr so gleichmässig dünn wie früher.

Hieraus ergiebt sich, dass man bei aussergewöhnlich harten Objecten die Schnittfläche bis zu dem Grade verkleinern muss, welcher der Leistungsfähigkeit des Instrumentes entspricht. In unserem Falle also, bei einem so abnorm harten Pflanzentheil, hätte man nicht über $^1/_4$ der gesammten Querschnittfläche des Samens hinauszugehen.

Uebrigens giebt es ein Hilfsmittel, um den Letzteren auch vollständig schneiden zu können. Man braucht auf die Schnittfläche nur einen Tropfen Wasser aufzugeben und etwa ein bis zwei Minuten einwirken zu lassen. Die Festigkeit ist dann insoweit vermindert, dass, nach Abwischen des Tropfens, eine Anzahl guter Totalquerschnitte — die Samenschale inbegriffen — mit Leichtigkeit gewonnen werden können. Geht nach einiger Zeit das Messer wieder schwerer, so feuchtet man aufs Neue an.

Ein weiterer Versuch galt der Bearbeitung von Hölzern der Coniferen. Sowohl in trockenem als auch in feuchtem Zustand wurden ganz verschieden grosse Holzstücke des Stammes wie der Wurzel von *Pinus silvestris* zu schneiden versucht. Das Resultat war in allen Fällen ein negatives. Die Schnitte zerbröckeln selbst dann, wenn man sie so dick nimmt, dass sie für Studienzwecke kaum noch brauchbar sind.

Die Ursache dieses Misserfolges schien mir nun weniger darin zu liegen, dass die betreffenden Hölzer für das Instrument zu hart sind — hiergegen sprechen die Erfahrungen an dem harten Samen von *Phoenix* —, als vielmehr umgekehrt darin, dass sie zu weich und dabei zu brüchig waren, um den immerhin ziemlich beträchtlichen Messerdruck auszuhalten. Ein Versuch war geboten, die Hölzer widerstandsfähiger und weniger brüchig zu machen. Inwieweit dies mit Erfolg geschehen konnte, werden wir in dem nächsten Abschnitt dieser Arbeit sehen.

Nun verhalten sich keineswegs alle Hölzer denjenigen von *Pinus silvestris* gleich. Alte ausgetrocknete Stämme von *Aristolochia Sipho* schneiden sich zum Beispiel leicht. Das hier in Frage kommende Exemplar hatte einen Durchmesser von etwa 2 cm. Es wurde längs halbirt und für die Entnahme von Querschnitten eingespannt. Trotz der somit sehr grossen Schnittfläche, fielen die Schnitte gleichmässig dick aus, sie zeigen, wenn man nicht gerade auf das Minimum der Dicke (10 μ) herabgeht, auch keine Gewebezerreissung. Allerdings rollen sich die bei 10—20 μ Einstellung genommenen Schnitte sehr stark. Man hat hier aber gar nicht nöthig, das mit der Nadel zu verhindern. Wirft man die Rollen in ein Gefäss mit Wasser, so gehen sie von selbst auf.

Das Holz von *Aristolochia* ist in Folge der zahlreichen grossen Gefässe ein sehr poröses, dessen ungeachtet aber ein schon ziemlich festes.

Von noch festeren Hölzern wurde *Bignonia capreolata* sowie *Ficus Carica* geprüft. Ersteres Object — es handelte sich um ein kleines 3 mm Durchmesser besitzendes Stammstück — lässt sich, wenn man nicht gerade auf besonders dünne Schnitte (10—20 μ) Werth legt, noch befriedigend schneiden. Das sehr harte Stammholz von *Ficus Carica* dagegen dürfte so ziemlich auf der Grenze des Erreichbaren stehen. Von dem 1,5 cm Durchmesser zeigenden Stück wurde ein räumlich etwa demjenigen von *Bignonia* entsprechendes abgespalten und quer geschnitten. Das Resultat war noch so ziemlich dasselbe, wenngleich sich nicht verkennen liess, dass hier die Schwierigkeiten schon zunehmen.

Vergrössert man nun die Schnittfläche, so ergeben sich dieselben Uebelstände wie bei dem Samen von *Phoenix*, falls

man über $^1/_4$ seiner Querschnittfläche hinausging. Einzelschnitte setzen aus, die folgenden werden zu dick und ungleich stark. Dies sind Anzeichen, welche darauf hinweisen, dass das Instrument constructiv den beträchtlichen Widerständen des zu bearbeitenden Materials nicht mehr gewachsen ist.

Es würde nach dem Gesagten kaum noch einen Zweck haben, die Zahl der untersuchten Hölzer zu vermehren. Steht es doch schon jetzt ausser Frage, dass unser Mikrotom, falls man nicht zu bedeutende Anforderungen an seine Leistungsfähigkeit stellt, hier mit Nutzen zu verwenden ist. Es lässt sich in der Praxis für jeden Einzelfall rasch feststellen, ob ein Holz direct geschnitten werden kann oder nicht. Bei negativem Resultat hätte man dann einen Versuch mit dem im nächsten Abschnitt zu beschreibenden Verfahren zu machen.

Ferner war es angezeigt zu prüfen, ob und inwieweit das Mikrotom pharmakognostischen Zwecken zu dienen vermag.

Als hierher gehöriges, und wie gleich erwähnt werden soll äusserst günstiges Object, wären die Sklerotien von *Claviceps purpurea* zu nennen. Diese haben gerade die richtige Consistenz, um die Entnahme von Schnitten von 10, 20 und 30 μ mit Leichtigkeit, und ohne dass je ein Schnitt ausfällt, zu gestatten. Als Uebungsobject für Anfänger lässt sich kaum ein besseres denken.

Unter den Rinden, die sich nach meinen Erfahrungen ausgezeichnet schneiden, nenne ich *Cortex Granati*. Die lederartige Beschaffenheit des Objectes, dessen Zellelemente sehr gut zusammenhalten, erweist sich für die directe Bearbeitung mit dem Mikrotom gerade als die geeignete. Präparate von 10—30 μ lassen sich leicht herstellen. Zum Aufquellen müssen sie allerdings in ein Gefäss mit Wasser gebracht werden, bei welcher Gelegenheit gerolltes Material sich auch entrollt. In hartnäckigen Fällen leistet hinsichtlich der Quellung auch Ammoniak gute Dienste.

Nicht ganz so gut, aber immerhin befriedigend schneidbar ist *Cortex Angosturae*. Besonders, wenn man vor jedesmaligem Schneiden die Schnittfläche etwas anfeuchtet, erzielt man recht brauchbare Präparate (10—20 μ).

Keineswegs alle Rinden eignen sich nun zur directen Bearbeitung mittelst unseres Instrumentes. Dies trifft für diejenigen zu, welche einerseits ausgiebig mit stark verdickten sklerotischen Zellformen durchsetzt sind und andererseits zusammengefallenes, verrottetes Parenchym haben, das somit dem Messer gegenüber nicht im Mindesten mehr widerstandsfähig ist. Als Beispiel wären hier die Chinarinden anzuführen, die mit dem Mikrotom bearbeitet nur Pulver, aber keine Schnitte liefern.

Nicht viel besser verhält es sich mit *Cortex Quercus* u. a.

Eine Mittelstellung zwischen diesen Rinden und den oben genannten gut schneidbaren nehmen die Zimmtrinden ein. In manchen Fällen — besonders wenn man die Schnittfläche zuweilen anfeuchtet — erhält man brauchbare Schnitte. In anderen dagegen verunglücken die Präparate regelmässig und zwar aus Gründen, die wahrscheinlich mit der vorgeschrittenen Verrottung der parenchymatischen Zellformen zusammenhängen.

Hier wie bei den Chinarinden und bei *Cortex Quercus* hat der Verarbeitung das im nächsten Abschnitt zu erörternde Festigungsverfahren voranzugehen.

Auch bei Wurzeln sind die Schneideresultate sehr verschieden. Haben jene eine lederartige Beschaffenheit, wie etwa diejenigen von *Radix Gentianae*, so lassen sie sich selbst bei verhältnissmässig grosser Schnittfläche direct und zwar in einer Schnittdicke von 20—30 μ verarbeiten.

Alle derartigen Präparate sind sehr stark geschrumpft und erfordern somit vor dem Einschliessen unbedingt die Behandlung mit Wasser oder mit Ammoniak.

Nicht schneidbar waren andererseits die von mir untersuchten fetten, also sehr stärkehaltigen *Sarsaparilla*-Sorten, deren parenchymatisches wie sklerenchymatisches Zellgefüge dem Messer gegenüber nicht die mindeste Widerstandskraft besass.

Was endlich die Rhizome angeht, so gilt von ihnen Aehnliches wie von den Wurzeln. *Rhizoma Iridis* verhält sich etwa wie *Radix Gentianae*. Zu dem sich gut schneidenden Material zählt ferner *Rhizoma Curcumae*, bei dem sich noch ziemlich grosse Schnitte bei 10 μ Dicke erzielen lassen.

Schnitte der letztgenannten Art — eine Anzahl anderer Droguen verhalten sich ähnlich — sind recht empfindlich. Sie

gehen, wenn man sie zur Aufquellung in ein Gefäss mit Wasser bringt, wo sie frei schwimmen können, leicht vollständig auseinander. Es empfiehlt sich daher hier das folgende Verfahren.

Bei einer früheren Gelegenheit[1]) habe ich bereits Mittheilung von einer Aufklebemethode gemacht, die gestattet, dass die Schnitte bis zu gewissem Grade aufquellen, bevor sie auf dem Objectträger fixirt werden. Beides geschieht, ohne dass eine irgendwie beträchtliche Verschiebung stattfindet.

Besonders der letztere Umstand fällt bei dem in dem hier gegebenen Falle einfacheren Verfahren — handelt es sich doch nicht um Paraffinschnitte, die zunächst in der Quellung behindert und erst von dem Paraffin zu befreien sind — ins Gewicht.

Man bringe von der Kaiser'schen[2]) Glyceringelatine ein Stückchen von etwa der Grösse eines Stecknadelkopfes auf den Objectträger und gebe 1—2 Tropfen Wasser zu. Nach Erwärmen vertheile man mit der Nadel die Gelatine im Wasser und breite die Lösung in einer Schicht aus, die so dünn sein muss, dass sie ein Schwimmen des nunmehr aufzugebenden Schnittes nicht zulässt. Dieser hat sofort Gelegenheit zum unbehinderten Aufquellen, er wird aber, worauf es hier ankommt, nicht zerreissen, da er alsbald dem Objectträger schon leidlich fest anliegt.

Durch Aufstellen des letzteren lässt man dann die überschüssige Klebemasse abfliessen. Der Schnitt ist in wenigen Stunden, sicher aber in einem Tage, genügend fixirt, um Waschungen mit Wasser sowohl, als absolutem Alkohol, Xylol, Terpentinöl etc. zu vertragen. Es können also nöthigenfalls die derartige Waschungen bedingenden Färbungen vorgenommen werden.

Die Fixirung mit Glyceringelatine besitzt, wie ich mich mit der Zeit zu überzeugen Gelegenheit hatte, in einer Anzahl anderer, sich auch auf Paraffinschnitte erstreckender Fälle, derjenigen mit Collodium-Nelkenöl gegenüber grosse Vorzüge. Bei letzterem Klebemittel sind Trübungen oft nicht zu vermeiden. Sie haben, schliesst man das Präparat in Harze ein, allerdings

---

1) Mikrotechnische Mittheilungen II. Flora, botan. Zeitung, 1893, p. 339.
2) Botan. Centralblatt, Bd. I, p. 25.

nicht viel zu sagen, weil sie dann meist bis zu einem Grade schwinden, welcher der Beobachtung nicht hinderlich ist.

Anders verhält es sich bei dem Einschluss in wasserhaltige Medien. Hier tritt nicht selten eine Steigerung der Trübung ein, die so weit gehen kann, dass ein Studium des Präparates wenigstens an gewissen Stellen unmöglich ist.

Besonders sind das diejenigen, an denen der Schnitt Falten geschlagen hat. Unter denselben entsteht eine dickere Collodiumhaut, die somit die Trübungserscheinungen in erhöhtem Maasse zu zeigen vermag.

Ein Faltenschlagen der Schnitte wird nun bei der Benutzung von Glyceringelatine — das ist ein weiterer Vorzug des Klebemittels — überhaupt nicht vorkommen. Ein gefältelter Schnitt, wie er bei Paraffinmaterial nur allzuhäufig entsteht, wird beim Auflegen auf die etwas angewärmte, feuchte Platte sofort glatt.

Gegen Farbstofflösungen endlich ist das Klebehäutchen, falls es nicht zu dick genommen wurde, kaum empfindlicher als Collodium, es hindert also die Färbung der Präparate nicht.

Schliesslich möchte ich noch über die Benutzung des Mikrotoms bei der Untersuchung der Nahrungs- und Genussmittel aus dem Pflanzenreiche Einiges mittheilen.

In meinen diesbezüglichen Cursen wurde das Instrument vielfach mit Erfolg angewandt.

Objecte, die sich ohne jegliche Vorbereitung schneiden lassen, sind beispielsweise die Samen einiger Leguminosen. *Phaseolus multiflorus* wäre hier als ausgezeichnetes Object zunächst zu nennen. Ein Same, längs gespalten und längs in den oben an zweiter Stelle beschriebenen Objecthalter gespannt, lässt sich sicher und leicht in Querschnitte von 10—20 μ Dicke zerlegen.

Allerdings reisst bei loser[1]) Behandlung der Schnitte auf dem Objectträger die diagnostisch wichtige Samenhaut leicht ab, und legt sich dann auch wohl stellenweise um. Dies lässt sich aber vermeiden, wenn man, wie das oben beschrieben wurde, mit Glyceringelatine fixirt.

---

1) Man vergl. Mikrotechnische Mittheilungen I. Pringsheim's Jahrbücher f. wissensch. Botanik, Bd. XXIV, 1892, p. 15.

Geht man beim Auflegen des Schnittes auf den feuchten Objectträger mit der nöthigen Vorsicht zu Werke, so erhält man musterhafte Präparate. In Glyceringelatine eingeschlossen, zeigen sie sich überall gleich gut und trotz der massenhaft vorhandenen Stärke, deckt diese keineswegs die Zellwandung. Jede Zelle tritt mit ihrem Inhalt aufs Deutlichste hervor.

Einige Schwierigkeit macht schon das Schneiden der Samen der Erbse, Linse und Wicke. Man thut gut hier von Zeit zu Zeit die Schnittfläche etwas anzufeuchten, will man gute Präparate erhalten.

Ferner kommt es nicht selten vor, dass an dem der Anschneidestelle entgegengesetzten Schnittende, da wo das Messer austritt, letzteres nicht scharf durch das Object geht. Die Samenschale wird dann hier nicht glatt durchschnitten, sie fasert aus und projicirt sich an dem fertigen Präparat stellenweise in der Flächenansicht.

Dies zu verhindern hat man ein einfaches Mittel. Man braucht die Samen nur in Paraffin einzuschliessen. Bei ihrer eigenartigen Form, sowie der relativen Kleinheit sind sie oft auch schwer oder zum Mindesten unbequem in den zweiten der oben beschriebenen Objecthalter einzuspannen. Auch diese Schwierigkeiten fallen weg bei dem Einschluss in einen kleinen rechteckigen Paraffinklotz.

Hier handelt es sich nun keineswegs um eine vollständige Einbettung, bei der das Object von der Einbettungsmasse durchtränkt wird, sondern um die im Eingang dieses Aufsatzes als theilweise erwähnte, die nur in einer Umhüllung der betreffenden Pflanzentheile besteht.

In einem Uhrglas wird Paraffin gerade bis zum Schmelzpunkt erwärmt — Ueberhitzung ist zu vermeiden, weil sonst die Structur der Stärkekörner gefährdet würde — und dann der betreffende Same direct eingelegt. Dann lässt man, zur Vermeidung von Blasenbildung, das Paraffin durch Aufsetzen des Uhrglases auf Wasser erstarren und schneidet aus der festen Masse ein rechteckiges, das Object enthaltendes Stück aus. Bei dem Ausschnitt nehme man der Orientirung halber Rücksicht auf die Lage des Samens. Das Einspannen und die endgiltige Orientirung lassen sich dann leicht und sicher vornehmen.

Das ganze Verfahren ist ein so einfaches und so schnell auszuführendes, dass man mit seiner Anwendung nicht zögern sollte, auch wenn sich die oben genannten Schwierigkeiten in geringem Grade geltend machen.

Selbst bei dieser Methode leistet übrigens das zeitweilige Befeuchten der Schnittfläche gute Dienste.

In neuester Zeit verwende ich statt Paraffin häufiger mit Vortheil japanisches Wachs. Dasselbe ist fester, haftet dem Object besser an und zerbröckelt auch nicht so leicht zwischen den beiden Klemmplatten des Objecthalters wie das Paraffin.

Unter den Cerealien ist das Roggenkorn von einer Beschaffenheit, die gestattet, es ohne Weiteres zu verarbeiten. Die Schnitte besitzen dieselben Vorzüge, wie diejenigen von *Phaseolus* und lassen sich auch leicht in derselben Dicke herstellen.

Nicht ganz das Gleiche lässt sich von dem Weizenkorn behaupten. Mehr harte, glasige Sorten liefern unter Umständen sofort günstige Schneideresultate. Stark mehlige Körner dagegen sind weniger gut zu verarbeiten. Die vollkommensten Schnitte habe ich bei vollständiger Einbettung erhalten. Aber auch die oben beschriebene partielle leistet, zumal wenn man von Zeit zu Zeit die Schnittfläche anfeuchtet, ziemlich Befriedigendes.

Bei ersterer Einbettung darf man nicht versäumen, vor Beginn des Verfahrens die Samenkörner quer oder längs zu durchschneiden, weil andernfalls das Paraffin nicht gut eindringen würde.

Gerstenkörner können zuweilen sofort geschnitten werden. Dies ist besonders dann möglich, wenn man die Querschnitte nicht gerade aus der Mittelpartie des Kornes wählt. An dieser Stelle erschweren die harten und vor Allem spröden Spelzen das Schneiden. Schliesst man die Samen in japanisches Wachs ein, so lassen sich, besonders bei häufigerem Benetzen der Schnittfläche mit Wasser, diese Schwierigkeiten überwinden.

Mit mechanischen Zellformen noch ausgiebiger ausgestattet sind die Haferspelzen, die sich zudem leicht von dem Korne loslösen. Ein Schneiden ohne jede präparative Behandlung ist hier unmöglich. Ebensowenig führt das Einschliessen in japanisches Wachs, sowie das Befeuchten der Schnittfläche mit

Sicherheit zu günstigen Resultaten. Diese sind zwar in Einzelfällen nicht ausgeschlossen. Weitaus häufiger aber zerbröckelt die Spelze, auf die gerade ihrer diagnostischen Wichtigkeit wegen Werth zu legen ist.

Hier bedarf es eines Verfahrens, durch welches die brüchigen Elemente des Schnittes zusammengehalten werden. Eine Collodiumhaut genügt zu diesem Zweck. Man bringe etwas Collodium auf die Schnittfläche und verwische es auf letzterer mit dem Finger. Nach spätestens einer halben Minute wird das Häutchen fest genug sein, um die Entnahme eines Schnittes zu gestatten. Da man meist genöthigt ist, in japanisches Wachs eingeschlossene Körner zu verarbeiten, so lege man, damit sich die Einschmelzmasse leichter in dem später aufzugebenden Terpentinöl löst, den Schnitt so, dass die Collodiumhaut nach unten, also nach dem Objectträger hin, zu liegen kommt.

Bei dem nicht besonders zeitraubenden Collodiumverfahren hat man sich nur vor dem Aufgeben einer zu grossen Collodiummenge zu hüten. Die sonst entstehenden dicken Häute sind lästig, weil sie, wie schon ausgeführt wurde, in wasserhaltigen Einschlussmedien starke Trübungen erfahren können. Derartige Medien lassen sich aber gerade bei den hier in Frage kommenden Präparaten nicht entbehren. In Harz eingeschlossen würden die Schnitte zu stark aufgehellt werden. Besonders die Inhaltsbestandtheile der Zellen entziehen sich dann fast vollständig der Beobachtung. Färbungen aber, die dies verhindern könnten, fallen nicht schön aus. Gewöhnlich färbt sich an der massenhaft vorhandenen Stärke nur die Kernhöhle, die auf Kosten der Schönheit des Präparates hervorzuheben nur selten ein Anlass vorliegt.

Mit Collodium behandelte Schnitte sind in Wasser gebracht natürlich am Quellen verhindert und deshalb auch weitaus weniger elegant als die aufquellenden. Man hat die Methode somit nur dann zu wählen, wenn man mit einer anderen nicht auskommt.

In Bezug auf letztere sei erwähnt, dass während des Quellungsprocesses die Frucht- wie die Samenhaut sich leicht von dem Mehlkörper loslösen, ebenso aber auch, dass sich dies verhindern lässt, wenn man unter sorgfältiger Beachtung der oben gegebenen Vorsichtsmassregeln mit Glyceringelatine fixirt.

Ein Mantel von Paraffin oder von japanischem Wachs hindert die Quellung keineswegs, da er bei dieser Gelegenheit gesprengt zu werden pflegt. Beide Substanzen lassen sich ohne Schädigung des Schnittes leicht mit Terpentinöl entfernen. Man hat nur Sorge zu tragen, dass zuvor das Fixirungsmittel genügend erstarrt ist. Der Behandlung mit Terpentinöl folge eine solche mit absolutem Alkohol und dann mit Wasser. Dann kann direct in Glyceringelatine eingeschlossen werden.

Wie die Getreidekörner, so sind auch Theile von ihnen mit unserem Instrumente zu schneiden. Praktische Bedeutung besitzt dies meist nur hinsichtlich der Untersuchung von aus Mehlen etc. ausgesonderten Kleienbestandtheilen. Selbst eine dünne Kleienschuppe kann man, wenn sie in Paraffin oder japanischem Wachs eingeschlossen ist, mit Leichtigkeit in eine beliebige Zahl Längs- oder Querschnitte zerlegen, die ihrer Kleinheit halber dem Objectträger aufgeklebt werden müssen.

Die Hauptschwierigkeit des Verfahrens liegt in der richtigen Orientirung der Kleienschuppe. Schnitte, welche nicht genau senkrecht oder quer zur Längsachse geführt werden, liefern Bilder, die für das Studium total unbrauchbar sind. Man hat daher zunächst, was leicht geschehen kann, unter dem Mikroskop festzustellen, in welcher Richtung die Längszellen der Fruchthaut resp. der Spelze verlaufen. Dementsprechend werde die Schuppe zuerst auf dem Objectträger und dann in dem Uhrglas mit der Einschmelzmasse zurecht gelegt. Mit deren Erstarren bezeichne man die Längsachse durch zwei einzustechende Punkte. Wird dann der rechteckige Paraffinklotz unter Berücksichtigung einer durch diese Punkte zu legenden Längslinie ausgeschnitten und so eingespannt, dass zu dieser die Schnittfläche senkrecht steht, so erhält man gute Querschnitte.

Fragmente der Weizen- und Roggenkörner schneiden sich natürlich leichter als solche der Gerste und des Hafers. Unter Beachtung des über die Verarbeitung der Vollkörner Gesagten, wird man sich aber auch hier leicht zurecht finden.

Eines der schwierigsten Objecte ist der Reissame. Die sich sehr leicht loslösenden Spelzen sind, wenn nicht fester, so doch jedenfalls brüchiger als diejenigen des Hafers. Die Bearbeitung

ist ganz dieselbe, wie bei dieser Getreideart. Mittelst des Collodiumverfahrens erhält man befriedigende Schnitte.

Ueberflüssig wird ein solches endlich bei Mais, Buchweizen oder der Kornrade. Die Samen der beiden letzteren Pflanzen können, besonders wenn man zeitweilig anfeuchtet, schon in japanischem Wachs geschnitten werden. Für das Maiskorn ist ein derartiger Einschluss höchstens des leichteren Einspannens in den Objecthalter wegen wünschenswerth. Das Korn an sich lässt sich bei Feuchthalten der Schnittfläche unschwer direct verarbeiten.

Die Zahl der mit dem Mikrotom schneidbaren Samen wäre leicht um ein Bedeutendes zu vermehren. Ich denke indessen, dass das Gesagte genügt, um, worauf es ja hier ankam, die Leistungsfähigkeit des Instrumentes und die Art seiner Verwendung auf dem in Frage kommenden Gebiet zu beurtheilen. Dass diese Leistungsfähigkeit sich bei umständlicherer präparativer Behandlung der Objecte noch steigern lässt, werden wir in dem nächsten Abschnitt sehen.

2. Die Imprägnirung harter Objecte mit Glycerin-Gummi.

Es wurde bereits mitgetheilt, dass das Stamm- oder Wurzelholz von *Pinus silvestris* sich weder in feuchtem noch in trockenem Zustand mit dem Mikrotom schneiden lässt. Die Ursache liegt wohl in der Weichheit und dabei Brüchigkeit der betreffenden Hölzer. Es galt somit zunächst zu untersuchen, ob sich durch Einbettung die Festigkeit nicht erhöhen lässt. Dementsprechend wurden passend zurechtgeschnittene Holzstücke sowohl in japanisches Wachs, als auch in Gemenge von solchem mit dem festeren Carnaubawachs eingebettet. Besonders die mit letztgenanntem Gemenge imprägnirten Hölzer liessen sich nun verhältnissmässig leicht schneiden. Die grossen Schnitte (1 qcm und darüber) sehen äusserlich gut aus.

Leider entsprach nun das mikroskopische Bild diesem günstigen Aeusseren keineswegs. Besonders die Wände der dünnwandigeren Tracheïden machen den Eindruck, als seien sie, wohl in Folge des Messerdruckes, gebogen oder gar verzerrt, so dass sie sich weder scharf quer, noch scharf längs projiciren. Von

diesem Fehler waren selbst die dickwandigen Zellen nicht ganz frei. Das mikroskopische Bild muss im Grossen und Ganzen als ein unbrauchbares bezeichnet werden.

Es schien somit geboten eine Einbettungsmasse zu suchen, die das Holz nicht nur fest, sondern die es auch geschmeidig macht. Hierzu wurde Glycerin-Gummi gewählt. Ich benutze hierzu die von Dippel[1]) angegebene Mischung, bestehend aus 10 g Gummi arabicum, 10 g Wasser und 40—50 Tropfen Glycerin, die sich als sehr brauchbar erwiesen hat. Der grösseren Haltbarkeit halber ist es zweckmässig etwas Carbolsäure zuzusetzen.

Schreitet man zur Einbettung, so verdünne man die Mischung durch Zugabe von mindestens dem dreifachen Volumen Wasser. Die Objecte, welche nicht über 2 ccm Rauminhalt haben sollen, sind dann so einzulegen, dass sie sofort vollständig untertauchen.

Handelt es sich um Pflanzentheile, die noch, wenn auch nur wenig lebendes Plasma führen, so ist dieses durch Alkohol zum Absterben zu bringen. In lebende Zellen tritt das Gemisch nicht oder nur sehr schwer ein.

Ferner darf man, der sonst in oder an dem Object zu befürchtenden Niederschläge halber, die Hölzer nicht sofort aus Alkohol in die Einbettungsmasse überführen. Dieser werde vielmehr erst durch Wasser verdrängt.

Trockene Hölzer nehmen das Gummigemisch nur in ungenügender Menge an. In solchen Fällen ist die Luft durch Einlegen des Objectes in absoluten Alkohol thunlichst auszutreiben. Letzterer werde dann wieder durch Wasser verdrängt.

Bei stark ausgetrockneten, zumal weichen Hölzern endlich sollte man nicht unterlassen festzustellen, ob die Zellen überhaupt noch genügend intact sind, damit man nicht hierin begründete Fehler des mikroskopischen Bildes später irrthümlicher Weise dem Einbettungsverfahren zur Last legt.

Die Einbettungsmasse, welche die Objecte enthält, soll zur Förderung der Verdunstung offen stehen bleiben. Diese wird in 6—8 Tagen gewöhnlich so weit vorgeschritten sein, dass die Masse Syrupconsistenz besitzt. Da es sich weniger um eine Totalinjection, als vielmehr um eine Imprägnirung handelt, so können die Holzstücke nunmehr herausgenommen werden.

---

1) Dippel, Das Mikroskop, 1882, I. Theil, p. 773.

Man entferne jetzt, soweit dies geht, das anhängende Gummi. Die Objecte werden dann zu ihrer vollständigen Austrocknung auf eine Glasplatte gesetzt. Es ist zweckmässig schon am nächsten Tage an der Fläche, die man demnächst zu schneiden beabsichtigt, die noch anhaftende bereits ziemlich feste Gummikruste wegzunehmen. Dies geschieht am besten unter Anschneiden des Objectes.

Hiermit ist die Austrocknung wesentlich erleichtert. Nach 2—3 Tagen wird sie in den meisten Fällen so weit vorgeschritten sein, dass man mit der Bearbeitung beginnen kann.

Den für das Schneiden geeigneten Zeitpunkt festzustellen, gelingt bei einiger Uebung leicht. Das Holzstück soll — hiervon hängt der Erfolg des Schneidens ab — trocken sein. Andererseits darf aber auch, was für harte Hölzer wichtig ist, die Austrocknung keine zu grossen Fortschritte gemacht haben. Man ist sonst, wie noch näher ausgeführt werden wird, genöthigt das Object wieder aufzuweichen.

Das mit Gummi imprägnirte *Pinus*-Material wurde in die üblichen Quer-, Radial- und Tangentialschnitte zerlegt. Insoweit es sich um verhältnissmässig weiche Hölzer, wie diejenigen junger Stammtheile oder gar Wurzelholz handelt, war es geradezu auffallend, mit welcher Leichtigkeit das Messer durch das Object ging. Man hatte gar nicht den Eindruck, als ob man es überhaupt mit Holz zu thun hätte. Dabei fielen die 1—2 qcm grossen Schnitte vollständig gleichmässig dick aus. Sie liessen, und darauf kommt es vor Allem an, in Bezug auf das mikroskopische Bild kaum etwas zu wünschen übrig.

Schon schwerer schneiden sich Hölzer mit quantitativ hervortretendem, stark verdicktem Herbstholz. Indessen müssen auch hier die Resultate als im Allgemeinen günstige bezeichnet werden, sowohl was die Schnittgrösse — sie liess sich besonders ausgiebig an den radialen wie tangentialen Längsschnitten nehmen — als auch was das mikroskopische Bild anlangt.

Die Schnittdicke betrug hier wie in dem oben angegebenen Fall durchschnittlich 20 μ. Geht man auf 10 μ herab, so sind besonders für Querschnitte Schnitte von 1—2 qcm nicht mehr zu erhalten. Es kommt ferner auch häufig vor, dass mehr oder minder zahlreiche Einzelzellen oder Complexe sich aus ihrem

Verbande loslösen. Bei sehr gut abgezogenem Messer sind derartige Fehler zwar auf ein Minimum zu reduciren, aber kaum ganz zu vermeiden. Ist somit bei Schnitten von 10 μ, die übrigens selten gebraucht werden dürften, auch die Eleganz der Präparate beeinträchtigt, so nimmt ihnen dies doch keineswegs ihren Werth für das Studium. An den Einzelelementen treten im Gegentheil die histologischen Details in wünschenswerther Schärfe hervor.

Jedenfalls lehren die Ergebnisse der Bearbeitung des *Pinus*-Holzes, dass der eingeschlagene Weg der richtige ist. Es dürfte nicht zweifelhaft sein, dass sich bei Anpassung der Mengenverhältnisse von Gummi und Glycerin an die Festigkeit des jeweiligen Objectes noch Vollendeteres leisten lässt.

In den meisten Fällen wird es von Vortheil sein, wenn man die Schnitte nicht sofort weiter behandelt oder gar einschliesst. Man bringe sie vielmehr von dem Instrument direct in ein Gefäss mit Wasser. Dieses kann man zur leichteren Lösung des Gummi ein oder mehrere Male auf 40—50° C. erwärmen. Bei eintägigem Aufenthalt in dem Bade ist die Lösung der Imprägnirungsmasse jedenfalls erfolgt. Es haben ferner die Schnitte genügende Gelegenheit gehabt aufzuquellen.

Durch geeignete Handhabung der Nadel die Schnitte am Rollen zu verhindern, hat man bei dieser Behandlung nicht nöthig. Selbst die dichtesten Rollen gehen beim Einwerfen in Wasser auf.

Nur in wenigen Fällen wird man bei der Entrollung etwas nachzuhelfen haben, nämlich wenn die Schnitte schmal und lang sind und zu befürchten steht, dass sie zusammenklappen. Ist dies einmal geschehen, so hält es oft schwer, die ziemlich fest aneinander anhaftenden Flächen ohne Schädigung des Präparates auseinander zu bringen.

Zur Prüfung fester Hölzer wurden zunächst alte, stark ausgetrocknete Stammtheile von *Rhus viminalis Vahl*, aus denen die Luft oft mittelst Alkohol entfernt werden musste, mit Gummi-Glycerin imprägnirt. Die Stücke besassen einen Durchmesser von 5 mm. Auch hier gelang es, befriedigende Schnitte herzustellen. Es waren dies Querschnitte, welche, wie schon erwähnt, sich im Allgemeinen schwerer schneiden lassen als Längsschnitte.

Günstig wirkte die häufige Befeuchtung der Schnittfläche mit Wasser.

Schnitte von 20 μ fallen noch vollständig aus und erweisen sich in Bezug auf die histologischen Elemente als intact. Eine Einstellung auf 10 μ dagegen ergiebt kleinere Schnitte und diese sind auch nicht vollständig frei von Gewebszerreissungen.

Das ebenfalls recht harte Stammholz einer *Serjania* von etwa gleicher Dicke wie *Rhus*, liess sich, wie angegeben imprägnirt, wiederum ganz gut schneiden. Die geeignete Dicke ist hier 20—30 μ. Das mikroskopische Bild gab keinen Anlass zu Anständen und das war um so interessanter, als das Object durchaus kein gleichmässig festes Gefüge besitzt. Die aus den Partialkreisen hervorgegangenen harten Einzelholzkörper sind in einer weichen, zum Theil verrotteten Gewebsmasse eingebettet. Es lag die Gefahr nahe, dass somit beim Schneiden ein Ausreissen stattfindet. Die Imprägnirung genügte, um dasselbe zu verhindern.

Dass unter den bereits geprüften, direct schneidbaren Objecten das Holz von *Ficus Carica* so ziemlich auf der Grenze des Schneidbaren steht, wurde schon erwähnt. Mit Glycerin-Gummi imprägnirt, sind die Schwierigkeiten zweifellos geringer. Die Schnittfläche kann grösser genommen werden. Es fallen auch die Schnitte (30 μ) weitaus gleichmässiger dick aus, als das ohne Einbettung der Fall sein würde.

Allerdings ist nicht zu verkennen, dass auch hier die Leistungsfähigkeit des Instrumentes — denn um sie scheint es sich zu handeln — bald zu Ende geht. Es traten mit der Vergrösserung der Schnittfläche wieder die früher erwähnten Uebelstände hervor. Zu erproben wäre, ob nicht ein in allen seinen Theilen noch massiver construirtes Mikrotom den Widerständen sehr fester und umfangreicher Hölzer mehr gewachsen ist.

Wie schon angeführt wurde, sind besonders die letzteren empfindlich gegen zu starkes Austrocknen der Einbettungsmasse. Dies kommt meist dann in Betracht, wenn man imprägnirtes Material — was ja im Allgemeinen zulässig ist — für Arbeitszwecke längere Zeit aufbewahrt. In wenig hartnäckigen Fällen genügt es, um gute Schnitte zu erhalten, schon, derartiges

Material vor jedesmaliger Entnahme eines Schnittes etwas anzufeuchten.

Führt dies nicht zum Ziel, so lasse man einen Tropfen Wasser eine oder mehrere Minuten auf die Schnittfläche einwirken. Nach Abwischen desselben können dann meist eine Anzahl Schnitte genommen werden.

Sollte auch dieses Verfahren erfolglos sein, so bleibt nichts anderes übrig, als das Object kürzere oder längere Zeit direct in Wasser zu bringen. Es gelang dann fast in allen Fällen dasselbe wieder in den schneidbaren Zustand zurückzuführen.

Sehr poröse Hölzer, wie diejenigen von *Aristolochia*, waren, wie bereits beschrieben wurde, auch ohne Imprägnirung in befriedigender Weise zu schneiden. Dies trifft indessen nicht für alle derartige Objecte zu. Die ebenfalls durch zahlreiche grosse Gefässe ausgezeichneten Stammtheile von *Vitis vinifera* beispielsweise sind ohne präparative Behandlung nicht schneidbar. Der Versuch, dieselben in Glycerin - Gummi einzubetten, gelang dagegen vollkommen. Bei Einstellung auf 20—30 μ fallen die Schnitte tadellos aus. Es fand weder ein Zerreissen auch nur einzelner der grossen Gefässe statt, noch lösten sich, eine vorsichtige Behandlung des Schnittmaterials in Wasser vorausgesetzt, die zwischen verrottetem Weichbast befindlichen älteren Bastfaserplatten von den Schnitten los.

Dabei betrug bei den, wie wir wissen, an und für sich schwerer herzustellenden Querschnitten die Schnittfläche 1 qcm und darüber. Sie war also eine schon recht beträchtliche.

Schnitte von 10 μ sind als Uebersichtsbilder nicht mehr zu gebrauchen. Sie fallen unvollständig aus und können nur noch in Bezug auf einzelne histologische Details Verwendung finden.

Die fernere Prüfung des Imprägnirungsverfahrens bezog sich auf minder holzige Pflanzentheile.

Zu diesem Zweck wurde ein etwa 1 cm im Durchmesser besitzender Stamm von *Dracaena* gewählt. Nach Eintrocknung des imprägnirten Stückes zeigte es sich, dass dasselbe stark geschrumpft war. Aus dem früher kreisförmigen Umriss wurde ein biscuitförmiger. Nichtsdestoweniger fiel der Versuch vollständig befriedigend aus. Das Object liess sich sehr gut schneiden, es gingen, worauf es besonders ankam, die hier in einer

Dicke von 20 μ genommenen Querschnitte im Wasser wieder vollständig auf. Man erhielt Uebersichtsbilder, wie sie in dieser Grösse und Gleichmässigkeit, ebenso aber auch in Bezug auf Güte und Schönheit des mikroskopischen Bildes, aus freier Hand auch nicht entfernt hätten hergestellt werden können.

Für noch weichere Objecte endlich ist das Einbettungsverfahren nicht mehr geeignet.

Aeltere Stammtheile von *Cucurbita Pepo*, von etwa den gleichen Dimensionen wie diejenigen der *Dracaena*, waren noch stärker geschrumpft als diese. Das Schneiden ging zwar bei genügender Erhärtung der Einbettungsmasse noch leidlich von Statten. Man erhielt aber, selbst bei Einstellung auf 40 und 50 μ, keine zusammenhängenden Schnitte mehr. Ferner gelang es auch nicht, die Theilstücke von solchen genügend zur Aufquellung zu bringen. War derartiges Material für die Untersuchung auch nicht total unbrauchbar, so ist sein Zustand doch ein solcher, dass es sich nicht lohnt, die immerhin zeitraubende Einbettung vorzunehmen. Es scheint, dass Objecte, wie *Dracaena*, in Bezug auf ihre Festigkeit so ziemlich auf der Grenze stehen, unter die man nicht herabgehen darf.

Nachdem die Imprägnirung mit Glycerin-Gummi an mehr oder minder harten Hölzern erprobt war, galt es festzustellen, was sie etwa auf pharmakognostischem Gebiet leistet.

Hierher gehörige Objecte sind, wir wir schon sahen, durchaus nicht alle direkt mit dem Mikrotom zu verarbeiten. Zunächst galt dies von einer *Sarsaparilla*-Wurzel, deren Gewebselemente so geringe Widerstandskraft besassen, dass sie beim Schneiden vollständig auseinander gingen. Es ist gleichgültig, ob diese Beschaffenheit die Folge des sehr hohen Alters der Drogue war oder nicht. Da man sich mit ähnlichen Fällen zweifellos häufiger auch bei der Prüfung frischerer Waare zu befassen haben wird, so kam die alte als Versuchsobject ganz gelegen.

Mit Glycerin-Gummi auf die beschriebene Weise behandelt, zeigte es sich nun, dass ein Schneiden der alten Wurzel nicht nur ganz gut möglich ist, sondern dass es auch bei einiger Vorsicht gelingt, die empfindlichen Schnitte zusammen zu halten.

Diese waren schon bei einer Einstellung auf 20 μ vollständige. Sie dürfen zur Aufquellung natürlich nicht in ein Gefäss mit Wasser gebracht werden, wo sie nach Lösung des Gummi auseinander gehen würden, sondern direct auf den Objectträger, auf dem sich in dünner Schicht eine sehr verdünnte Glyceringelatinelösung befindet, wie sie oben als Klebemittel beschrieben ist. Da die Schnitte nicht schwimmen, sondern, indem sie aufquellen, sich dem Objectträger schon leidlich fest anlegen, so wird ein Zerreissen vermieden.

In spätestens einem Tage ist die Fixirung eine genügende, um alle etwa wünschenswerthen Färbungen und die damit verbundenen Auswaschungen mit wässerigen sowohl wie alkoholischen Flüssigkeiten vornehmen zu können. In vielen Fällen reicht man übrigens mit Einlegen in Glycerin-Gelatine aus, weil ein Theil der Zellwände an sich schon etwas Farbe besitzt und ein anderer relativ dickwandig ist.

Die Chinarinden sind ohne präparative Behandlung mit dem Mikrotom absolut unschneidbar. Bei den so ungleichen Härteverhältnissen der zahlreichen stark verdickten sklerotischen Elemente einer- und dem weichen verrotteten Zwischengewebe andererseits, erhält man ein Pulver, aber keinen Schnitt. Dies ändert sich nach der Imprägnirung mit Glycerin-Gummi sofort. Querschnitte von einer Dicke von 20—30 μ sind unschwer zu erhalten.

Das Schnittmaterial in ein Gefäss mit Wasser zu bringen, ist auch hier nicht räthlich, weil sich ziemlich schnell die Sklerenchymzellen besonders der secundären Rinde loslösen, oder, was unter Umständen noch unangenehmer sein kann, sammt dem leicht zerreissbaren Zwischengewebe übereinanderschieben und nicht mehr in die richtige Lage zu bringen sind. Die Quellung wird am besten ebenfalls in einer dünnen Flüssigkeitsschicht des Objectträgers vorgenommen, die hier nicht einmal ein Klebemittel zu enthalten braucht. Bei der intensiven Färbung, welche die Zellwände schon an und für sich besitzen, kann man die Schnitte alsbald in Dammarlack einschliessen. Sie vertragen bei einiger Vorsicht die hierfür nöthige Behandlung mit absolutem Alkohol und Bergamottöl auch dann, wenn man sie nur in Wasser aufquellen und dieses dann eintrocknen liess.

Die Einbettung der ziemlich ähnlich gebauten aber schon etwas weniger harten und spröden Eichenrinde ergab so ziemlich dieselben Resultate. Querschnitte von einer Dicke von 20 μ lassen sich noch gut nehmen. Ihre fernere Behandlung ist wie bei der Chinarinde.

Was endlich die Zimmtrinden anlangt, so wissen wir, dass sie manchmal sofort zu bearbeiten sind, manchmal nicht. Sie stehen unter dem diesbezüglichen Material somit auf der Grenze des mit dem Mikrotom direct Schneidbaren. Durch Imprägnirung mit unserer Einbettungsmasse gelingt es, sie alle bearbeitungsfähig zu machen. Sowohl der dünne Ceylon- als der dickere chinesische Zimmt sind weitaus sicherer in gleichmässig dicke Schnitte zu zerlegen, als ohne Einbettung. Eine Schnittdicke von 10 μ ist, wenn man nicht allzugrosse Stücke wählt, leicht zu erzielen. Die fernere Behandlung schliesst sich an diejenige der China- und Eichenrinde an.

Sehen wir auf die Resultate der Imprägnirungsmethode zurück, so haben wir alle Ursache zufrieden zu sein. Gerade Material, welches seither grosse Schwierigkeiten bereitete und für dessen Bearbeitung auf mechanischem Wege gewiss ein Bedürfniss vorlag, liess sich auf im Allgemeinen befriedigende Weise schneiden. Es dürfte wohl nicht zweifelhaft sein, dass sich bei weiterer Ausbildung der Methode noch Vollendeteres leisten lässt.

3. Die Tanninfärbung und ihre Anwendung in der Pflanzenanatomie.

Tannin hat bereits mehrfach für pflanzenanatomische Zwecke Verwendung gefunden. Poulsen[1]) empfiehlt es zur Färbung der Proteïnkrystalloïde. Kohl[2]) wandte es als Beize bei Färbungen zur Sichtbarmachung der Protoplasmaverbindungen der

1) Poulsen, Note sur la préparation des grains d'aleurone. Revue générale de Botanique, 1890, p. 547.

2) Kohl, Protoplasmaverbindungen bei Algen. Ber. d. deutsch. botan. Gesellsch., 1891, p. 12.

Zellen an. Auch zur Hervorhebung der Cilien der Bacterien etc.[1]) ist Tannin bereits benutzt worden.

Zur Färbung ganzer Gewebe endlich diente es schon van Tieghem und Douliot gelegentlich deren Untersuchungen über die Nebenwurzeln. Die Verfasser theilen mit: „nous avons obtenu une coloration noire tout à fait indélébile des membranes les plus minces par un procédé nouveau qui nous a été indiqué par M. Flot“ [2]).

Es wurden hier noch die Schnitte durch Eau de Javelle und Kalilauge von den plasmatischen Inhaltsbestandtheilen thunlichst befreit und gründlichst ausgewaschen. Dann folgte 1—2 Minuten lange Behandlung mit verdünnter Tanninlösung, worauf die Schnitte möglichst schnell in eine sehr verdünnte Eisenchloridlösung gebracht wurden, in der die Schwarzfärbung stattfindet. Den Schluss macht das Auswaschen mit Wasser.

An anderer Stelle[3]) habe ich hervorgehoben, dass zur dauernden Aufbewahrung der Präparate der Einschluss in Harz — es kam hier vor Allem eine Dammar-Xylollösung[4]) in Betracht — der beste ist. Die Haltbarkeit steht hier ausser Frage. Der Einschluss erfolgt leicht, er macht ferner Lackverschlüsse vollständig entbehrlich.

Einer allgemeineren Verwendung derartiger Einschlussmedien steht nur die starke Aufhellung entgegen, welche die Schnitte in ihnen erfahren. Färbungen sind hier unbedingt nöthig. Manche der hierfür zur Verfügung stehenden Farbstoffe gaben zwar sehr schöne, leider aber, wie das beispielsweise für das Hämatoxylin zutrifft, wenig haltbare Bilder. Aber selbst, wenn in Bezug auf diesen Punkt kein Bedenken vorliegen sollte, müssen für die

1) Loeffler, Weitere Untersuchungen über die Beizung und Färbung der Geisseln bei den Bakterien etc. Centralbl. f. Bakteriologie, 1890, Bd. VII, p. 625.

Zimmermann hat nach einer im Wesentlichen ähnlichen Methode die Cilien von *Chlamydomonas*, *Pandorina* und *Chromophytum* gefärbt. Vergl. dessen Handbuch der botanischen Mikrotechnik, 1892, p. 210.

2) Recherches comparatives sur l'origine des membres endogènes. Annal. des sciences natur. Bot., Ser. VII, T. 8, p. 5.

3) Mikrotechnische Mittheilungen I. Pringsheim's Jahrbücher f. wissensch. Botanik, Bd. XXIV, 1892, p. 30.

4) Reines Dammarharz wird in je $^{1}/_{2}$ Gewichtstheil Terpentinöl und Xylol gelöst, filtrirt und direct verwendet oder zur beliebigen Dicke eingedunstet.

einzelnen Objecte besondere, gerade für den betreffenden Fall vorzugsweise geeignete Farbstoffe gewählt werden, weil ganz allgemein mit Vortheil benutzbare bis jetzt fehlen.

Es schien nun, als ob sowohl in Bezug hierauf, als auch hinsichtlich der Haltbarkeit die Tanninfärbung eintreten könnte. Wir hätten jetzt zu prüfen, ob und inwieweit dies thatsächlich zutrifft.

Zunächst erstreckte sich diese Prüfung auf Schnittserien von Vegetationspunkten des Stammes und der Wurzel der Phanerogamen, bei denen sich, vielleicht des stark protoplasmatischen Inhaltes halber, die Hämatoxylinfärbung am wenigsten gut hält. Die Schnitte waren theils mittelst Collodium-Nelkenöl, theils mit Glyceringelatine aufgeklebt und bereits durch Terpentinöl vom Paraffin befreit.

Nach Behandlung mit absolutem Alkohol und Wasser wurden nun einige Tropfen der Tanninlösung aufgegeben. Dieselbe kann man für einige Zeit vorräthig halten. Zu diesem Zweck wird Tannin in Wasser bis zur Sättigung gelöst und die Lösung filtrirt. Die Filtration muss wiederholt werden, wenn, was häufig vorkommt, sich Niederschläge bilden.

Die Tanninlösung lässt man nun 3—5 Minuten auf die Schnitte einwirken und bringt dann den mit ihnen beschickten Objectträger in Wasser. Der Aufenthalt in diesem darf nur kurz sein, handelt es sich doch im Wesentlichen nur darum, das äusserlich anhaftende Tannin zu entfernen. Dies wird schon in $^1/_4$—$^1/_2$ Minute der Fall sein.

Jetzt giebt man einige Tropfen der sehr verdünnten Eisenchloridlösung auf. Wird die über den Schnitten befindliche Flüssigkeit tief schwarz oder bilden sich gar flockige Niederschläge, so war die Auswaschung nicht genügend. Das ist unter allen Umständen zu vermeiden, weil die Flocken kaum mehr von den Schnitten zu entfernen sind.

Umgekehrt, bei zu langem Auswaschen fällt die Färbung zu schwach aus, was bei den uns hier beschäftigenden Objecten verhältnissmässig weniger zu sagen hat, als bei den anderen noch vorzuführenden. Im Allgemeinen wird der Zeitpunkt für das Unterbrechen der Auswaschung richtig gewählt sein, wenn mit

Aufgeben der Eisenchloridlösung die Schnittflüssigkeit leicht blauschwarz wird und durchsichtig bleibt.

Die jetzt folgende Auswaschung muss möglichst gründlich vorgenommen werden. Bei dieser Gelegenheit erfolgt auch eine genügende Entfärbung der von den Klebemitteln herrührenden Häute. Deren Farbaufspeicherung ist, wenn man die betreffenden Substanzen nicht zu dick oder zu concentrirt aufgetragen hat, somit keine störende.

Nach Behandlung mit absolutem Alkohol und Bergamottöl kann endlich in Dammarlack eingeschlossen werden.

Die mikroskopische Prüfung der Präparate befriedigte im Allgemeinen. Sind dieselben auch nicht ganz so elegant, wie die allerdings minder dauerhaften der Hämatoxylinfärbung, so treten doch die anatomischen Details im Grossen und Ganzen in genügender Schärfe hervor.

Ganz besonders ist dies dann der Fall, wenn, worauf schon hingewiesen wurde, die Färbung nicht zu intensiv war. Sie erstreckt sich nicht nur auf die Zellwände, sondern auch auf das Plasma und den Zellkern. Bei dessen Grösse und dem Plasmareichthum des embryonalen Gewebes überhaupt, kann es vorkommen, dass das in den Zellwänden gegebene lineare Bild bis zu gewissem Grade verdeckt wird oder wenigstens nicht in der wünschenswerthen Schärfe hervortritt. Dieserhalb die Inhaltsbestandtheile durch so energisch wirkende Reagentien wie Kalilauge oder Eau de Javelle zuvor zu entfernen, was in unserem Fall auch in Bezug auf die Klebemittel seine Schwierigkeiten haben würde, ist nicht nöthig, wenn man nur darauf achtet, dass die Färbung nicht zu intensiv genommen wird. Ergeben sich im Augenblick des Aufgebens der Eisenchloridlösung Anzeichen, dass dies dennoch geschehen ist, so kann man durch sofortiges Einbringen in Wasser — dann wenn die Eisenlösung die Präparate noch nicht vollständig durchdrungen hat — die Färbung meist noch etwas mildern. Hierzu ist es natürlich zu spät, war die Durchdringung bereits beendet. Es kommt somit auf ein schnelles Beurtheilen der Ueberfärbung an, wofür Anhaltspunkte bereits oben gegeben sind.

Bei längerer Einwirkung besonders von concentrirten Lösungen von Eisenchlorid, werden übrigens nicht selten die Aufklebemittel

angegriffen. Es empfiehlt sich somit auch schon zur Vermeidung der Loslösung der Schnitte die Auswaschung nicht zu sehr hinauszuziehen.

Für Schnitte ziemlich dicht unter dem Vegetationspunkt — es handelte sich hier meist um Querschnitte — gilt so ziemlich das für die eben besprochenen Längsschnitte Gesagte. Geht man indessen weiter am Stamme abwärts, so werden in Folge der Abnahme des dichten Plasmas die mit Tannin behandelten Präparate immer schöner und eleganter.

Als Prüfungsmaterial verwandte ich hier zunächst etwa 2 mm dicke Stammtheile von *Vitis vinifera*, *Bryonia dioica*, *Lonicera Periclymenum*, *Tamus communis*, *Smilax rotundifolia* u. a. Da die in Paraffin eingebetteten Objecte nicht absolut frei von Schrumpfungen sind, so müssen die Schnitte in Wasser aufquellen.

Somit ist die lose Behandlung auf dem Objectträger angezeigt, die, da Schnittserien hier entbehrlich sind, leicht vorgenommen werden kann.

Dementsprechend hat man die Einzelschnitte, wie dies an anderer Stelle eingehend beschrieben wurde [1]), mit Terpentinöl, absolutem Alkohol und Wasser zu behandeln. Jetzt wird für etwa 3 Minuten die Tanninlösung aufgebracht. Alsdann sauge man mit Fliesspapier die die Schnitte umgebende Flüssigkeit thunlichst vollständig weg und lasse über dieselben — sie liegen schon ziemlich fest dem Objectträger an — einen bis zwei Wassertropfen schnell hinfliessen. Diese genügen zur Abwaschung des Tannins und vor Allem zur Vermeidung flockiger Niederschläge bei der jetzt erfolgenden Aufgabe des Eisenchlorids.

Nach Eintritt der Reaction beginne man mit der gründlichst vorzunehmenden Auswaschung. Sie ist am bequemsten in der Art auszuführen, dass man Wasser aus Tropfgläsern oberhalb des Schnittes auf den etwas geneigten Objectträger so aufgiebt, dass die Flüssigkeit rasch über jenen hingeht.

Auf ähnliche Weise erfolge die Behandlung mit absolutem Alkohol. Hat man dann, unter Vermeidung des Austrocknens der Schnitte, einen Tropfen Bergamottöl aufgegeben, so kann der Einschluss in Dammarlack erfolgen.

---

1) L. Koch, Mikrotechnische Mittheilungen I. Pringsheim's Jahrbücher f. wissensch. Botanik, Bd. XXIV, 1892, p. 16.

Derartige Präparate erweisen sich als ganz aussergewöhnlich gute und elegante. Trotz des stark aufhellenden Einschlussmediums sind die Kerne sehr gut sichtbar. Das etwas schwächer tingirte Plasma lässt sich noch deutlich wahrnehmen. Die Zellwände endlich projiciren sich in aller Schärfe und ohne irgendwie von dem Plasma verdeckt zu werden. Die Wirkung des Färbemittels besteht weniger in einer totalen Schwärzung der genannten Theile, als vielmehr in ihrer linearen wie körperlichen Hervorhebung oder, wenn man so will, Verstärkung. Man glaubt, besonders bei schwacher Einwirkung des Mittels, überhaupt nicht, ein gefärbtes Präparat vor sich zu haben. Es macht dieses nicht, wie bei Verwendung der meisten Farbstoffe, den Eindruck eines Kunstproductes, das Bild ist vielmehr ein durchaus natürliches geblieben.

Ganz dieselben Vorzüge besitzen Präparate von schon etwas älteren, dickeren Stammtheilen der oben genannten Pflanzen. Das Bild wird durch das Auftreten der ersten mechanischen Zellformen in seiner Güte nicht nur nicht beeinflusst, sondern es erscheint eher noch vollkommener, weil die genannten Zellen sich intensiver schwärzen.

Handelt es sich, wie bei den Hölzern, um sehr stark verdickte derartige Zellformen, so kann dies auch seine Nachtheile haben.

Bei einem ersten Versuch die Schnitte der *Pinus*-Hölzer zu färben, wurde beispielsweise die Färbung so intensiv, dass sämmtliche Zellen undurchsichtig schwarz erschienen. Da somit die Structurdetails sich der Beobachtung entzogen, war das Präparat unbrauchbar.

Ein zweiter Versuch gelang schon besser, weil die Abspülung der Tanninlösung etwas gründlicher vorgenommen worden war. Hierin liegt überhaupt der Schwerpunkt des Verfahrens. Man muss es verstehen, im Hinblick auf die histologische Beschaffenheit der Objecte, die Färbung in ihrer Intensität zu reguliren. In Bezug hierauf sind genaue Vorschriften nicht zu geben. Es ist Sache der Uebung hier das Richtige zu treffen.

Dies war bei den *Pinus*-Schnitten nach meinen Erfahrungen der Fall, wenn die Zellen bei vollständiger Durchsichtigkeit nur eine graue Tönung erhalten hatten. Sie genügte vollständig,

um das Bild in allen seinen Einzelheiten hervortreten zu lassen. Nicht nur die dickwandigen Zellen als solche, sondern auch die Structurdetails, etwa der behöften Poren, waren von der Fläche wie im Querschnitt dem Studium vollständig erschlossen. Die Schliesshaut zum Beispiel und ihre mehr oder minder stark verdickten Membranstellen liessen sich nicht übersehen.

Die Tanninmethode ist somit eine vorzügliche Ergänzung des im vorigen Abschnitt beschriebenen mechanischen Bearbeitungsverfahrens, das erst durch sie voll ausgenutzt wird.

Gerade bei *Pinus*-Hölzern lassen sich übrigens auch Anilinfärbungen mit schönem Erfolg ausführen.

Besonders durch leichte Färbung mit Bismarckbraun[1]) habe ich sehr elegante Präparate erhalten, bei denen sich das dünnere Frühjahrsholz gelblich, das dickere Herbstholz gelbbraun färbte. Auf den ersten Blick heben sich somit die Jahresringe von einander ab und zwar schärfer als das bei der Tanninfärbung der Fall ist, die ihrerseits wieder in Bezug auf Hervorhebung anatomischer Details, wie derjenigen der Schliesshäute der Poren, vorzuziehen wäre.

In Wasser lösliches Eosin färbt bei intensiver Behandlung die Objecte nur matt rosa, ebenfalls wasserlösliches Fuchsin dagegen, selbst in sehr verdünnter Lösung, schnell und sicher intensiv blauroth. Allerdings hält sich, worüber bei den erstgenannten Farbstoffen und besonders bei Bismarckbraun nicht geklagt werden kann, die Färbung recht schlecht. Kaum $^1/_2$ Jahr alte Präparate waren schon ganz verblasst.

Bei porösen Hölzern, wie denjenigen von *Aristolochia Sipho* und *Vitis vinifera* ist die Tanninfärbung ebenfalls von schöner Wirkung. Auch hier soll die Tönung nur eine leicht graue sein. Dies genügt vollständig, um die in diesem Fall histologisch sehr verschiedenen Zellelemente unter sich wie gegeneinander scharf hervortreten zu lassen. Neigung zu stärkerer Färbung zeigen, ohne dass dies die Schönheit des Gesammtbildes beeinträchtigt, die zahlreichen Bastfasern.

Die gleiche Neigung besitzt übrigens auch das Collenchym, was für diejenigen Objecte in Betracht kommt, welche, wie schon

1) L. Koch, Mikrotechnische Mittheilungen I. Pringsheim's Jahrbücher f. wissensch. Botanik, Bd. XXIV, 1892, p. 37.

vollständig ausgebildete mono- und zum Theil auch dikotyle Stammtheile, mit mechanischen Zellformen weniger ausgiebig ausgestattet sind. Auch hier stört das stärkere Hervorheben des Collenchyms keineswegs und ebensowenig die noch anzuführende ebenfalls intensivere Färbung der Inhalte der Siebröhren, der Milchsaftgefässe und ähnlicher Secretbehälter, die zu übersehen man sonst häufig Gefahr läuft.

Ungeachtet der hierin liegenden Differenzirung trägt die Färbung ihrer Hauptsache nach den Charakter einer totalen, ähnlich wie dies auch von derjenigen mit Bismarckbraun gesagt werden kann, die in ihrer Verwendung schon früher eingehend besprochen wurde[1]).

Bereits vollständig ausgebildete Stamm- und ebenso Wurzeltheile mit verhältnissmässig schwacher Ausstattung mit mechanischen Zellformen, habe ich in sehr grosser Zahl und fast von allen in den praktischen Cursen gewöhnlich verwendeten Pflanzen mit Tannin gefärbt oder durch meine Praktikanten färben lassen. Die allgemeine Verwendbarkeit der Färbung, welche für derartige Objecte schon wesentlich intensiver genommen werden kann als für Hölzer, steht somit ausser Frage und ebenso die Güte der Präparate.

Gleich günstige Resultate wären für Längs- und Querschnitte durch die Laubblätter zu verzeichnen. Auch hier vertragen die Objecte eine relativ starke Färbung. Der Plasmagehalt ist kein so dichter, dass eine Deckung des in den Zellwänden gegebenen linearen Bildes zu befürchten wäre.

Was endlich die Sexualorgane anlangt, so gilt besonders in frühen Entwickelungsstadien von ihnen so ziemlich dasselbe, was von den Vegetationspunkten gesagt wurde. Intensive Tinctionen sind zu vermeiden, sie werden erst dann wieder angezeigt sein, wenn das betreffende Organ sich, wie dies beispielsweise für eben aufspringende Antheren zutrifft, nicht mehr im embryonalen Gewebszustande befindet.

Für Schnitte durch die Samen und überall da, wo Reservestoffe in grosser Menge angehäuft sind, ist die Tanninfärbung nicht geeignet.

1) Mikrotechnische Mittheilungen I. Pringsheim's Jahrbücher f. wissensch. Botanik, Bd. XXIV, 1892, p. 32 ff.

Das Ergebniss der Prüfung der genannten Färbung wäre somit, dass dieselbe vor Allem bei bereits ausgebildeten oder der Ausbildung ziemlich nahe stehenden Pflanzentheilen in Betracht kommt. In erster Linie gilt dies von solchen, in welchen dünnwandige Zellformen quantitativ vorherrschen. Das mikroskopische Bild ist hier von der grössten Schönheit, es tritt, und hierauf kam es uns ja vor Allem an, trotz der starken Aufhellung durch die Einschlussmedien scharf hervor, es blieb auch ein natürliches, wie man es in schwach lichtbrechenden Medien zu sehen gewöhnt war.

In Bezug hierauf sei noch erwähnt, dass trotz der Verstärkung des Bildes durch das Tannin, die Zellwände relativ durchsichtig sind. Bei Verwendung sehr vieler anderer Farbstoffe projiciren sich die Wände nicht nur in einer Einstellungsebene, sondern auch in höher und tiefer befindlichen und hier natürlich mehr von der Fläche, da ja die Wände — es handelt sich hier um längs verlaufende — nie genau senkrecht auf dem Objectträger stehen. Das lineare Bild wird verwischt durch das Hinzutreten derartiger Flächenprojectionen, die eine Folge der intensiven, die Durchsichtigkeit beeinträchtigenden Färbung der Wände sind.

Derartige Bilder, welche besonders bei dünnwandigem Gewebe störend sein können, oder an die man sich zum mindesten erst gewöhnen muss, fallen bei der Tanninfärbung im Grossen und Ganzen weg.

In zweiter Linie ist diese mit Vortheil bei Objecten zu verwenden, bei denen die dünnwandigen Zellformen mehr und mehr dickwandigeren Platz machen, also namentlich bei den Hölzern. In Bezug auf Eleganz des Bildes stehen zwar an letzter Stelle Pflanzentheile, welche noch ausschliesslich aus embryonalem Gewebe bestehen, wie Vegetationspunkte etc. Wird die Tinction mit Vorsicht ausgeführt, so sind die Resultate indessen auch hier noch befriedigend.

Dass das Tanninverfahren, besonders in Bezug auf bestimmte Objecte oder das Studium histologischer Details von solchen, anderweitige Färbungen nicht überflüssig macht, braucht kaum erwähnt zu werden. Was allgemeine Verwendbarkeit anlangt, so dürften indessen diese auch nicht entfernt die Bedeutung der Tannintinction besitzen.

Die Sporangiumanlage der Gattung Saprolegnia.

Von

Adam Maurizio.

Mit Tafel I und II.

Einleitung.

Die vorliegende Arbeit reiht sich einer früheren an, die in der „Flora", Ergänzungsband 1894, unter dem Titel: „Zur Entwickelungsgesch. u. Syst. der Saprolegnien" erschien. Bei jenen Untersuchungen machte ich auf eine neue Form der Fructification aufmerksam, welche an der *Saprolegnia rhaetica* spec. nov. zum ersten Male studirt wurde und den Namen Sporangiumanlage erhielt. Mit ähnlichen Organen waren zwar nach Angaben verschiedener Forscher eine Anzahl anderer Saprolegnieen versehen, wie dies l. c. in der Literaturübersicht der Conidienbildungen dieser Pilze ausführlich erwähnt wurde, allein die „Conidien" der *S. rhaetica* unterschieden sich von allen diesen Gebilden durch ihre Umwandlungsfähigkeit zu Sporangien und Oogonien. Sie bieten insofern ein allgemeines Interesse als sie „Sporangiumanlagen darstellen, die mit der aufsteigenden Reihe der Pilze in bekannter Weise sich differenziren, hier aber ebenso gut die Anlage eines geschlechtlichen als ungeschlechtlichen Sporangiums sein können ..." (l. c., p. 43 des S.-A.).

Die dort nur kurz angedeuteten Erwägungen und Folgerungen, die ich der Kenntniss dieser Fruchtanlagen abgewann, finden eine weitere Ausdehnung und Begründung in der Existenz von Sporangiumanlagen bei einer Reihe anderer, ja vielleicht sogar aller Species der Gattung *Saprolegnia*. Beim Nachdenken über die Mannigfaltigkeit der Form und die Umwandlungsfähigkeit der

Sporangiumanlage von *S. rhaetica* drängte sich mir die Ueberzeugung auf, dass eine „Fruchtform“, welche so zu sagen die stabil gewordenen Eigenschaften der Sporangien der Pilze und der Algen in sich vereinigt, keine vereinzelte Erscheinung sein werde. Diese Annahme fand die weitgehendste Bestätigung in den Ergebnissen meiner Kulturversuche.

Die allgemeinen Ziele, die hier in Betracht fallen, sind folgende:

I. Mit der Ermittelung des Vorkommens und der Eigenschaften dieser Fruchtanlagen bei vielen Saprolegnieen wird eine sichere Basis für die Beurtheilung der noch mangelhaft bekannten Geschlechtlichkeit der Oomyceten geschaffen.

II. Haben die grundlegenden Forschungen Brefeld's den Aufbau der ungeschlechtlichen Fructification, wie sie als die einzige Fortpflanzungsart bei den höheren Pilzen vorkommt, in ihren hauptsächlichsten Uebergängen und Formabstufungen sicher ermittelt, so stellte sich der Verfasser dieser Studie das Ziel, wenigstens einige sichere biologische und morphologische Daten über die Entstehung und das Eingehen der Geschlechtlichkeit (zunächst bei den Saprolegnieen) zu liefern. Es wird die vorliegende Arbeit einen sicheren Beweis beibringen für die Richtigkeit der jüngst wieder auch von v. Tavel ausgesprochenen Ansicht von der Abstammung der ungeschlechtlichen und geschlechtlichen Fruchtformen der Pilze, von einem gemeinsamen ungeschlechtlichen Sporangium. Vergl. v. Tavel, Morphol. der Pilze, 1892, Einleitung und p. 187.

Dies waren die Gesichtspunkte, die mich leiteten bei der Inangriffnahme der vorliegenden Arbeit.

Es wurden Proben der verschiedensten Art, Schlamm aus dem Grunde natürlicher Wasserläufe, Algenüberzüge auf Steinen, solche aus Aquarien u. a. m., von Saprolegnieen befallene Fische, Fischeier und Insecten, im Ganzen über 40 gemustert. Das Auftreten von Conidien, die in Sporangien sich umwandelten, war namentlich auf Fischen und Fischeiern ein so massenhaftes, dass ich nicht länger daran zweifelte, diese Fruchtform sei bei der Gattung *Saprolegnia* und in einer etwas weniger mannigfaltigen Ausbildung auch bei der Gattung *Achlya* eine regelmässig wiederkehrende. Den Sporangiumanlagen der Gattung

Achlya wird eine bereits unternommene Untersuchung gelten; bei Befolgung eines geeigneten Kulturverfahrens lassen sich bei ihr ähnliche Bildungen studiren.

In Betreff der Kultur der hier behandelten Pilze muss erwähnt werden, dass der schon früher in der Einleitung zu meiner ersten Arbeit beschriebene Weg eingeschlagen wurde. Ein neues Mittel der Isolirung ergab sich aus der von mir zuerst versuchten Kultur der Saprolegnieen in künstlichen Nährlösungen, welches von winzig kleinen Hyphenstücken und einzelnen Zoosporen auszugehen gestattete. Die vollkommene Reinheit einer bestimmten Form war auch hier die Bedingung eines exacten Studiums.

Etwa $^2/_3$ der Proben wiesen Conidien der Gattung auf. Allein zahlreiche Species dieser Gattung wollten auch nach drei- bis sechsmonatlicher Kultur durchaus keine Oogonien ausbilden. Ihre Conidien boten aber nur in seltenen hier angezogenen Fällen ein Interesse. Nothwendiger Weise mussten also viele Formen unberücksichtigt bleiben. In vielen anderen Proben waren entweder *Peronosporeen* oder die Gattungen *Achlya, Aphanomyces* und *Apodya* vertreten.

Die Gattung *Saprolegnia* ist so formenreich, dass ich mir in der Auswahl der zu studirenden Formen manche Beschränkung auferlegen musste; mit Leichtigkeit hätte dieses Studium auf zahlreiche, zum Theil neue Formen ausgedehnt werden können. Die ausgewählten Saprolegnieen zeigen aber — und ausschliesslich darum war es mir zu thun und nicht um Bereicherung der systematischen Literatur — in Folge ihrer engen verwandtschaftlichen Beziehungen zu allen bis heute bekannten Arten der Gattung das Bild gleichmässiger Vertheilung der Sporangiumanlage über dieselbe. Nur die sternförmigen Oogonien der *S. asterophora* sind, trotzdem ich auf sie fahndete, nicht vertreten. Die Frage nach der Beschaffenheit der Conidien in diesem speciellen Falle morphologischer Gestaltung der Oogonien konnte nicht einmal gestreift werden.

Die behandelten Pilze befanden sich seit dem November 1894 bis zum August 1895 in Kultur. Nur *S. Thureti* etwas kürzere Zeit.

Zu der von mir benutzten und zum Theil neu eingeführten Nomenclatur muss Folgendes bemerkt werden. Der Name Conidie

wurde in dem hier präcisirten Sinne nur der Bequemlichkeit halber benutzt, wie dies schon bei Behandlung der *S. rhaetica* geschah[1]). Wenn der Ausdruck hier auch nicht vollständig passt, so empfahl sich dessen Annahme durch seine Kürze und leichte Verwendbarkeit in zusammengesetzten Wörtern. Es ist für ihn überall „Sporangiumanlage" zu setzen; statt für die Umwandlungsproducte dieser, „Sporangiumanlage – Sporangium" u. s. f. zu sagen, wurde „Conidiesporangium" gesagt. Für die geschlechtlich gewordene Sporangiumanlage wurde der Ausdruck „Conidieoogonium, Conidieantheridium" benutzt. Die entsprechenden Benennungen der Traghyphe der Sporangiumanlagen, der Anordnung und des Dauerzustandes der letzteren sind: „Condiehyphe, Conidienstand, Dauerconidie".

Bei der Untersuchung ergab sich ferner die Nothwendigkeit der Unterscheidung zwischen „primären" und „abgeleiteten" Fructificationsorganen. Unter primären Fruchtbildungen sind zu verstehen die Sporangiumanlage und die directen Umwandlungsproducte derselben, unter abgeleiteten die durch eine lange Entwickelungsreihe von diesen getrennten gewöhnlichen Sporangien mit den charakteristischen Merkmalen der Gattung, die gewöhnlichen Oogonien und Antheridien. Bisher waren bloss die letzteren bekannt. Die vorstehende Unterscheidung ist, wie es sich zeigen wird, von einer tieferen Einsicht in den Gang der morphologischen Differenzirung geboten und hat nicht den Sinn eines blossen klassificatorischen Hilfsmittels.

Die vorliegende Arbeit wurde im botanischen Institute des Polytechnikums in Zürich zum guten Theil vollendet; ich gedenke hier dankbarst des Herrn Prof. C. Cramer, der durch sein freundliches Entgegenkommen und seine Rathschläge meine Untersuchungen förderte.

Zürich, August 1895.

1) l. c., p. 42.

Specieller Theil.

A. Heterogene Anordnung der Fructificationsorgane.

Den hier zu behandelnden Formen gehören an: drei unbestimmte Arten, die Fische befielen, ferner *S. esocina* sp. nov., *S. heterandra* sp. nov. und *S. rhaetica*. Die genannten gehören zu denjenigen Vertretern der Gattung, bei welchen die Stände der gewöhnlichen Oogonien und die Conidienstände eine heterogene Entwickelung zeigen, d. h. es lassen sich für jede Gruppe der Fructificationsorgane gewisse Formen feststellen, diese zeigen aber eine selbstständige Ausbildung innerhalb der Gruppe; es existirt somit keine Verwandtschaft der beiden Stände. Die Vergleichung der primären mit den abgeleiteten Fructificationsformen wird diese Thatsache feststellen. Die Conidien zeigen 1. entweder eine so regellose Anordnungsweise, dass sie schwerlich mit irgend einem Namen belegt werden kann, oder 2. sie besitzen eigentliche Stände, die öfters wiederkehren. In beiden Fällen kommt in ihrer Anordnungsweise gar keine Uebereinstimmung mit den Ständen der gewöhnlichen Oogonien zum Vorschein. Ferner gehören 3. hierher die Conidien derjenigen Species, bei welchen keine Oogonien bekannt wurden. Diese Conidien brachten es in der Regellosigkeit des Auftretens zu einer wahren Specialität, so dass die *Saprolegnia* sp. I—III auch aus dem Grunde hier behandelt werden, um von Anfang an die grosse Mannigfaltigkeit der Gestaltung vor Augen zu führen. Waren die unter 1 und 2 erwähnten primären und abgeleiteten Fructificationsorgane in eigentliche Stände vereinigt, wenn auch von ihnen gesagt werden musste, dass jede Organgruppe für sich einem eigenen inneren Gestaltungstriebe folgt, so bieten die Conidien der zuletzt genannten Kategorie gar keine Anhaltspunkte dem gewohnten Benennungsmodus dar; es lässt sich bei ihnen die Richtung der Gestaltung in keiner Weise bestimmen. Man wäre in etwas paradoxer Weise versucht, ihren Mangel aller Bestimmtheit, ihre Regellosigkeit als Charakter anzuerkennen. Von den unbekannten Oogonien der Spec. I—III lässt es sich nämlich, wenn nichts Anderes, mit aller Entschiedenheit be-

haupten, dass dieselben in ihren Ständen, den erwähnten Anordnungen der Conidien gewiss keine Gefolgschaft leisten.

Wir werden im weiteren Verlaufe der Darstellung ersehen, wie von diesen Conidien die Entwickelung zu bestimmteren vorschreitet, bis sie die Stufe erreicht, auf welcher in gewisser Hinsicht die Conidienstände das vollständige Analogon der Oogonienstände darstellen: isogene Anordnung der Fructificationsorgane.

Conidienbildungen von drei unbestimmten Arten der Gattung.

1. *Saprolegnia* spec. I (Taf. I, Fig. 1).

Die Conidien stammen von einer dem Pilzrasen eines lebenden Hechtes entnommenen Probe. Sie wurde im Winter 1894 auf dem Züricher Fischmarkt gesammelt. Die hier beschriebene Form, ebenso wie spec. II und III, bildeten trotz mehrmonatlicher Cultur keine Oogonien aus. Einige wenige durchwachsene Sporangien kamen bei allen drei Species vor, was gerade ausreichte, um sie der Gattung zuzuzählen. Sonst bestanden die Rasen ausschliesslich aus Conidien, d. h. aus Conidiesporangien und Dauerconidien [1]). Die Figuren aller drei Formen stellen Jugendzustände der Conidienvegetation dar, welche durch spätere Abschnürung oder Querwandbildung in einzelne Conidien zerfallen; diese Jugendzustände treten aber sehr oft, ohne dass an ihnen Querwände sich gebildet hätten, in den Dauerzustand ein.

Allen Conidien der spec. I ist gemeinsam eine knollenartige Verdickung des Fadenendes, welche bald an die Keimblätter der Phanerogamen, bald an *Orchis*-Rhizome erinnert. Die besagte Verdickung kann auch stumpfe Zacken besitzen, die fingerartig gespreitzt sind (Fig. 1). Der obere Theil der Hyphe, welche diese Bildungen trägt, ist meist bauchig aufgetrieben und unregelmässig verbogen, (darin ähnlich der Fig. 3), an der Ursprungsstelle der Verdickung aber oft etwas eingeschnürt. Von der Stelle an, wo der Faden im unteren Theil in den eigentlichen

1) Ueber Dauerconidien wurde das Nöthige bei der Darstellung der *S. rhaetica* gesagt (l. c., p. 13—14 des S.-A.). Die Resultate meiner neueren Untersuchungen über dieselben: Keimung, Verhalten in Nährlösungen u. a. m. werden erst später erscheinen können. Vergl. Flora, 1896, Bd. 82.

Tragfaden verläuft, ist er mit kurzen stumpfeckigen bis scharfkantigen kurzen Zipfeln besetzt, die ihm ein knorriges Aussehen verleihen, nicht unähnlich demjenigen eines dürren Astes mit kurzabgebrochenen ringsumstehenden Seitenzweigen.

2. *Saprolegnia* spec. II (Taf. I, Fig. 2).

Die Conidien stammen vom Pilzrasen einer lebenden Seeforelle. Die Probe entnahm ich auf dem Züricher Fischmarkte im Winter 1894. Die Conidien sind ebenso unbestimmt in ihrer Form und Grösse wie die der Spec. I, aber sie gehören scheinbar einem anderen Typus an. Die Enden der Conidiehyphen zeigen Höcker und Verdickungen, die stumpfer sind als bei voriger Form, die gleichen Hervorragungen des unteren Theils sind abgerundeter. Die Verdickungen an der Spitze der unverzweigten Conidiehyphen sind oft einfach umgekippt oder nach Art eines Bischofsstabes gewunden, was übrigens an verzweigten Trägern resp. ihren Enden auch vorzukommen pflegt. Bei den Verzweigungen haben wir es oft mit einer falschen dichotomischen Verzweigung zu thun, denn eines der Glieder (Fig. 2 in a) ist nur angedeutet. Die kleinen Aussackungen an den Zweigen sind durchweg abgerundet (Fig. 2).

3. *Saprolegnia* spec. III (Taf. I, Fig. 3).

Die Conidien wurden dem Pilzrasen einer lebenden Schleie des Züricher Fischmarktes entnommnn im Winter 1894. Sie zeigen eine reichere Verzweigung und zahlreichere Höcker und Aussackungen als die beiden erwähnten Formen. Von einer bestimmten Verzweigungsweise kann aber hier ebensowenig wie bei den anderen gesprochen werden. Dass die Conidiehyphe das Bestreben zeigt, in dünne conidienartige Fäden auszustrahlen, die dann etwa ein wirteliges oder gabeliges Aussehen erhalten, ist das Einzige, was von diesen Verzweigungen ausgesagt werden kann. Eine solche zeigt Fig. 3. Am Abschnitte a—b ist an jeder Biegungsstelle des Fadens je eine keulige Hervorragung, die bestrebt ist sich abzurunden. Vergleicht man diesen Abschnitt mit dem Stande der *S. rhaetica* (l. c., Taf. III, Fig. 15),

so kann man sich des Eindrucks nicht erwehren, dass hier ein solcher nur verkümmerter Schraubelstand vorliegt. Er blieb in seiner Ausbildung auf halbem Wege stehen; der obere Theil des Standes (Fig. 3) ist völlig regellos verzweigt, und weist keine Spur einer solchen Aehnlichkeit auf.

4. *Saprolegnia esocina* spec. nov. (Taf. I, Fig. 4—17).

Der Pilz fand sich im Pilzrasen eines lebenden Hechtes vor. Die betreffende Probe entnahm ich, Dank der Zuvorkommenheit des Herrn Fischhändlers Bachmann, dem Züricher Fischmarkte im October 1894. Ihm untermischt war *Apodya* (*Leptomitus*) spec., *S. esocina* war von *Woronina polycystis* befallen, und ganz leicht liess sie sich durch Isolirung und Reinkultur von diesem Parasiten befreien.

In den ursprünglichen Kulturen tauchten auf frisch hingelegten Mehlwürmern zuerst *Saprolegnia*-Hyphen und Sporangien auf mit der *Woronina*. Der *Saprolegnia* war *Apodya* nur spärlich untermischt. Als der Rasen der *Saprolegnia* abgeblüht war und hängend wurde, stellte sich *Apodya* auffallenderweise zahlreicher ein, bis sie die *Saprolegnia* gänzlich verdrängte. Beim Hineinwerfen neuer Mehlwürmer wiederholte sich das Spiel von Neuem. *Apodya* entzog sich jedem Isolirungsversuch, sei es direct oder mit Hilfe der Nährlösungen.

Der Rasen des Pilzes ist starr, ziemlich abstehend, nur später etwas schlaff herabhängend. Die Hauptfäden hatten einen Durchmesser von 23—46,5 μ, die Nebenäste einen solchen von 7—16 μ.

Die Sporangien besitzen die gewöhnlichen Durchwachsungen der Gattung. In den entleerten Häuten treten oft statt eines neuen Sporangiums Conidienschnüre als Durchwachsungen auf. Sie hemmen die weitere Sporangienentwickelung. Oft besteht die Fructification von Anfang an nur aus Sporangien.

Die gewöhnlichen Oogonien kommen meist 7—10 Tage nach Gründung einer Grosskultur zum Vorschein, oft noch später, etwa nach drei Wochen. Der Oogonienstand ist, wenn er in Büscheln vorkommt, ein ähnlicher wie bei *S. Thureti*. Ausser diesem Stande sind vorhanden: Trauben und verkümmerte

Trauben mit kürzeren und längeren Oogonstielen, Oogonien in intercalarer Stellung, ferner Oogonien am Ende der Haupt- und der Seitenfäden ohne bestimmte Anordnung.

Die Oogonien sind kugelig bis länglich und gleichmässig gross (Fig. 4—8). Ihre farblose und dünne Membran ist mit zahlreichen, mässig grossen und etwas vorragenden Tüpfeln versehen. Die Conidieoogonien sind in der Form und Grösse den gewöhnlichen durchaus gleich; ein geringer Unterschied besteht bloss in der Häufigkeit der hohlen Zapfen und Zipfel, die von der Querwand, welche den Stiel abgliedert, in's Oogonium eindringen. Diese sind sehr häufig bei gewöhnlichen Oogonien, gleichviel ob diese Antheridien besitzen oder nicht, und nur selten bei Conidieoogonien. Die runden Oogonien besitzen einen Durchmesser von 70—82 μ, die länglichen sind 60—77,5 μ breit und 95—108,5 μ lang.

Die Zahl der Oosporen in einem Oogonium beträgt 1—30, meistens 6—20. Sie besitzen einen Durchmesser von 21,5—25 μ, sind centrisch [1]) gebaut und weisen eine dünne farblose Membran auf (vergl. Fig. 4 und 5). — Das späte Auftreten der Oogonien wird etwa darauf zurückgeführt, dass dieser Dauerzustand der Pflanze sich erst dann ausbildet, wenn Nahrungsmangel zu herrschen anfängt. Dies ist unrichtig. Ihr Auftreten bezeichnet die Reife des Pilzes. Wenn anders, müssten dann auf Ameiseneiern, kleinen Fliegen u. a. m. und schliesslich auch in verdünnten Nährlösungen die Oogonien vorherrschen, was durchaus nicht geschieht. Im Gegentheil, sie fehlen meist auf Objectträgerkulturen. Will man eine Oogonienform kennen lernen, so führt die Prüfung der am besten gediehenen Grosskultur auf Mehlwürmern am sichersten zum Ziel. — So verhielten sich alle von mir untersuchten Arten dieser Gattung.

Ein Antheridium, und zwar ein diklines (Fig. 4), fand sich nur sehr selten an den Oogonien vor. Das seltene Vorkommen desselben nähert *S. esocina* wie in einigen anderen Merkmalen, so auch in diesem der *S. Thureti*. Ein Befruchtungsschlauch war in den zwei zur Beobachtung gelangten Fällen nicht vorhanden,

---

1) Ueber die Structurbezeichnung „centrisch", „excentrisch" etc. vergl. Anhang I.

hingegen war das Antheridium in der Nähe des Oogoniums mehr oder weniger verzweigt und legte sich demselben dicht an (Fig. 4).

Die Sporangiumanlage der *S. esocina* (Fig. 5—17).

Die Form der Conidie ist je nach dem Stande, in dem sie auftritt, dem Zusammenhange der einzelnen Conidie mit anderen eine sehr verschiedene. Bei den gewöhnlichen Ketten kann sie kugelig bis länglich sein, streng cylindrisch bis conisch; in dieser Verbindung ist sie aber auch oft fädig, am Ende verbreitert bis kugelig abgerundet (vergl. Fig. 12, 13, 14 mit Fig. 5 und 10). Die sympodial angeordneten Conidien sind meist breit cylindrisch bis fadenförmig nnd keulig. Die Figuren zeigen nur die Fälle extremster Gestalten. — Der Wickel- und Schraubelstand hat keine typische Conidienforn. Die vielleicht im eigentlichen Sinne charakteristischen Conidien sind die tief zerschlitzten (Fig. 13 und 14). Aehnliche lange Schläuche siud bei *S. heterandra* vorhanden (vergl. z. B. Taf. I, Fig. 27); bei dieser sind sie aber eine Verlängerung des Tragfadens der Conidien, diese selbst also intercalar, während hier die Conidien endständig sind.

In ihrer Grösse sind die Conidien einem grossen Wechsel unterworfen. Dies wurde schon bei Behandlung der *S. rhaetica* hervorgehoben. Darin macht fast keine der von mir untersuchten Arten eine Ausnahme. Um auf diesen Gegenstand bei jeder einzelnen Form nicht zurückkommen zu müssen, theile ich hiermit einige Messungen am Beispiele der *S. esocina* mit. In Fig. 10, Taf. I (280/1) misst das unterste entleerte Conidiesporangium im Durchmesser 23 μ, das über diesem gelegene 38,5 μ, während eine Zoospore des gleichen Pilzes 10—11,5 μ misst. Man vergleiche damit Fig. 5 (280/1) und Fig. 15 (110/1), vergl. auch die Grössenangaben der Conidien bei S. spec. IV, p. 111—112.

In die Conidien ragen häufig hohle Zapfen und Zipfel hinein, welche von den unter diesen liegenden stammen. Fig. 16 und 17 stellt solche in entleerten Conidiesporangien dar.

Unter den vorkommenden Conidienständen lassen sich einige Formen, die öfters wiederkehren, unterscheiden. Zunächst die Ketten oder Reihen, welche bei aller Unregelmässigkeit ihrer

Combinationen (Fig. 5, 8, 10, 15, 17) als solche immer zu erkennen sind. Sie entstehen durch Abschnürung. Etwas zusammengesetzter als diese noch immer einfachen Conidienketten sind ihre Verbindungen mit sympodialen Ständen. Das Sympodium stellt Fig. 6 und 7 in scharf bestimmter Form dar. Schwer einzutheilen ist Fig. 12; vielleicht liesse sich diese Gestalt auf ein einfaches Sympodium, wie das in Fig. 6 u. 7 dargestellte, zurückführen, und der Unterschied bestände vielleicht darin, dass der Ast in *a*, der an seinem Ende zwei Conidien trägt, zu einem langen Schlauche sich verlängert, während er in 6*a* und 7*a* kurz bleibt. Auch der Schraubelstand kommt hier vor und zwar ebenso gut charakterisirt wie bei *S. rhaetica* (l. c., Taf. III, Fig. 15). Dieser Traubenstand kann zu complicirteren Ständen sich zusammensetzen, nämlich zu wirteligen Conidienanhäufungen, in denen ein oder mehrere Aeste des Wirtels unsymmetrisch den Tragfaden nach oben fortsetzen und an den Enden zwei oder mehr gabelig gestellte Conidien ausbilden (Fig. 11). Eine ähnliche complicirte Bildung fand sich bei *S. rhaetica* (l. c., Taf. IV, Fig. 1) und wurde „Unterdrückung und Verkürzung einer Schraubel" benannt.

Die auffallendsten Conidiengruppen, die wohl eines der besten Beispiele der hier herrschenden Regellosigkeit sind, bilden die mächtigen, schon erwähnten, tief eingeschnittenen und in lange Fäden auslaufenden Conidien (Fig. 13, 14 [110/1]). Auf den ersten Blick fällt hier die relativ enorme Grösse dieser Conidien auf. Am Scheitel des kugelig verdickten Endstückes einer Hyphe oder einer dieser Hyphe ansitzenden Conidie befindet sich eine zur Seite gedrängte Conidienkette (Fig. 13*b*), welche am unteren Theil etwas verdünnt in die Ansatzstelle verläuft. Dem kopfigen Hyphenende sitzt eine andere unförmlich-kesselartig ausgeweitete Conidie *a* auf; sie spaltet sich in drei unregelmässige Lappen, von denen jeder sich verdünnt, um in eine feine haarartige, hier gekürzt gezeichnete Spitze zu verlaufen. Diese Fäden sind in ihrem oberen Theile leer und in dem gezeichneten wie in anderen Fällen so lang, dass ihre Enden sich in der Mitte der locker ausgebreiteten Conidienvegetation verloren. In diesem wunderlichen Gebilde *a* sind nur zwei Querwände zu bemerken. Eine weitere Modification besteht in

folgendem Conidienstand (Fig. 14). Am Ende der mit kleinen Hervorragungen versehenen Conidiehyphe befindet sich eine querwandlose Keule, die in mehrere lange Fäden zerfällt. Diese — hier drei — sind sehr dünn und verzweigen sich gabelig an ihrem oberen Theil. Mit Ausnahme der dünnen Fäden existirt zwischen Fig. 13 und 14 keine Gemeinschaft.

Die Umwandlung der Conidien in Sporangien hält sich an keine bestimmte Grösse und Gestalt. Sie kann ganze Conidienrasen ergreifen und bei anderen Vegetationen fast gänzlich fehlen. Der Entleerung der Zoosporen dienen 1—2 Entleerungshälse (Fig. 8, 10). Fig. 16 und 17 sind vollständig leere Conidienketten.

Die Umwandlung der Conidien in Conidieoogonien ergreift nicht jede beliebige Form derselben, sondern ist auf die runden bis länglichen Conidien beschränkt, entsprechend dem bestimmteren Charakter der sexuellen Fruchtform der Saprolegnien. Sie sind endständig an Conidienreihen oder Sympodien (Fig. 6 und 8) oder endständig am Seitenzweig eines Sympodiums (Fig. 7), endlich auch intercalar in einer Conidienkette (Fig. 5). In der Fig. 7 ist der Hauptfaden ähnlich dem Tragfaden eines gewöhnlichen Oogoniums, da er keine Verdickungen zeigt. Besondere Beobachtung verdient vielleicht Fig. 9; die zwei runden Conidien besitzen nämlich Tüpfel, aber sie bildeten keine Oosporen aus. Ihre Form deutet aber auf Oogonien. Sie sind etwas ärmer an Plasma als die Conidien und vielleicht nur abnorme Bildungen, allein, da weder an *S. rhaetica* noch an den zahlreichen nachher studirten Formen die eigentlichen Vorgänge bei der Umbildung der Sporangiumanlage in ein Oogonium zur Beobachtung gelangen konnten (vergl. Flora, l. c., p. 43—44 des S.-A.), so mussten diese in ihrer Entwickelung stehen gebliebenen Oogonien hier erwähnt werden. — Die Conidieoogonien sind in ihrem Durchmesser, Structur, Zahl der Oosporen und sonstigen Eigenschaften von den gewöhnlichen Oogonien nicht verschieden, wenn auch in der Anordnung der primären und der abgeleiteten Fructificationsorgane gar keine Uebereinstimmung herrscht.

S. esocina sp. nov. steht der *S. Thureti* am nächsten. Sie hat mit ihr gemein den Oogonienstand und die Beschaffenheit der Tüpfel bei fast gleichem Oogoniumdurchmesser. Verschieden von ihr ist aber *S. Thureti* im Durchmesser der Oosporen und

im Vorkommen gewöhnlicher Oogonien in Ketten, welche bei *S. esocina* nicht beobachtet wurden.

5. *Saprolegnia heterandra* (Taf. I. Fig. 18—27).

Diese Species, welche in der Anordnungsweise der Fructificationsorgane an die vorige Species sich anlehnt, ist ausgezeichnet durch den Besitz androgyner und dikliner Antheridien und darin der *S. torulosa* ähnlich. Sie stammt aus dem Gasponnthale in der Nähe des Mürtschistocks (Wallensee, Schweiz) H. ü. M. ca. 2200 m. In der mir in dankenswerther Weise vom Geologen Herrn J. Bondolfi mitgebrachten Probe aus den dortigen Torfmooren befanden sich Moosstücke, Grashalme etc. in einer braunen torfigen Masse eingebettet. Wegen des Vorkommens der zwei Arten von Antheridien wurde die Isolirung zwei Mal vorgenommen.

Der Rasen des Pilzes ist dicht, doch sehr zart, wenn auch nicht zerbrechlich. In der nächsten Umgebung des Mehlwurmes ist eine dunklere Zone zu bemerken, die bei Betrachtung unter dem Mikroskop als aus kräftigeren Hyphen bestehend sich zeigt. Der über diese Zone vorragende Theil ist lockerer und hängend. Im Ganzen erreicht der Rasen eine Länge von ca. 2 cm.

In der Regel traten in Grosskulturen zuerst Sporangien auf und etwas später die Oogonien. Es kommen jedoch auch Grosskulturen vor mit ausschliesslicher Conidienvegetation. Auf Ameiseneiern, Fliegen u. a. m., auf Objectträgern, sind meist nur Conidien und kleinere Sporangien mit Durchwachsungen vorhanden.

Die Oogonien, welche 1—2 Wochen nach Anlage des Rasens zum Vorschein kommen, besitzen einen traubigen Stand (Taf. I, Fig. 18). Als eine Ursache des hängenden Rasens kann vielleicht die Schmächtigkeit der Oogonien tragenden Hauptfäden angesehen werden. Die Hauptfäden sind oft bei Weitem dünner als die kurzen bis sehr langen, geraden oder gebogenen Oogonienstiele. Ausser diesem Stande kommen auch verkürzte Trauben vor (Fig. 19). An manchen Stellen der Oogonienstände bleiben die Oogonien aus und ihre Stelle nehmen lange oder kurze

Schläuche ein. Diese „sterilen“ Aeste können verzweigt sein, und es ist nicht unmöglich, dass sie Antheridien darstellen.

Die Form der Oogonien ist die kugelige bis ovale oder tonnenartig in der Mitte ausgebauchte (Fig. 18—22). Die länglichen Oogonien haben einen gegen das Oogonium zu meist etwas erweiterten Stiel. — Die Oogoniummembran ist mässig dick, farblos und weist nicht zahlreiche, nur wenig vorragende mittelgrosse Tüpfel auf. Ausstülpungen der Membran kommen hier und da vor. Ueber die von der Basalwand des Oogoniums in dieses hineinragenden, also hypogynen Zapfen wird erst nach Behandlung der Antheridien die Rede sein. Der Durchmesser der Oogonien ist 42—77,5 μ.

Die runden centrischen, eine dicke, farblose Membran besitzenden Oosporen liegen in der Zahl von 1 bis über 40, meist jedoch 4—10 in einem Oogonium und besitzen einen Durchmesser von 23,5—28 μ. Es können in einem Oogonium Oosporen von sehr ungleicher Grösse sich befinden. Die Keimung der Oosporen trat 60 Tage nach dem Ausreifen derselben ein. Es bildeten sich jedoch keine Sporangien an den Enden der kurzen, keuligen, meist im Innern des Oogoniums verlaufenden Keimschläuche aus.

Etwa an der Hälfte aller Oogonien mit Ausnahme der Conidieoogonien kommen Antheridien vor. Sie sind ähnlich wie bei *S. torulosa*, theils diklin, theils androgyn. Man findet im gleichen traubigen Stande beide Arten der Antheridien vor. Ich suchte jedoch vergebens nach Oogonien, denen beide Antheridienarten zugleich aufsässen. Die androgynen sind in der Regel kurz, entspringen dem Oogoniumstiel oder dem Tragfaden und richten sich geradenwegs gegen die Oogonien, diesen als Keulen in schwach gewundenen, wulstigen Erhebungen sich anlegend. Ein Befruchtungsschlauch ist meist abgegliedert (Fig. 21). Die diklinen Antheridien sind im Ganzen etwas kräftiger gebildet, sie umschlingen oft das Oogonium (Fig. 20) und zeigen nicht selten statt eines einzigen Befruchtungsschlauches deren zwei.

Am Schlusse der Darstellung der abgeleiteten Fructificationsorgane dieser Species müssen noch einige Bildungen erwähnt werden, die vielleicht mit dem Auftreten der Antheridien in Zusammenhang zu bringen sind.

Es sind dies die Oogonien vertretenden sterilen Aeste an den Trauben, ferner Aeste, welche dicht unterhalb der Oogonien entspringen und denjenigen einer anderen Species auf Taf. II, Fig. 56 dargestellten vollkommen gleichen. Es ist nicht unmöglich, dass beiderlei Bildungen (die auch Verzweigungen besitzen können) ähnlich den Antheridienästen mancher *Achlya*-Arten hier steril gewordene Antheridien sind. Darüber können natürlich nur Muthmassungen ausgesprochen werden.

Eine weitere Bildung, die hier in Betracht fällt, sind die meist hohlen Zipfel, die mehr oder weniger tief in's Oogonium eindringen. (Solche in gewöhnlichen Oogonien wurden nicht abgebildet, weil sie denjenigen der *Hypogyna*-Gruppe u. a. m. gleichen.) Sie kommen auch an Conidieoogonien nicht selten vor, und bei diesen werden sie als Fortsätze sichtbar, die oft von einem Oogonium in's andere über diesem liegende reichen (Taf. I, Fig. 22). In der Behandlung der *S. rhaetica* und der *Hypogyna*-Formen wurden diese Zipfel als Anfangsstadien der Durchwachsung angesehen. Diese Ansicht gewinnt an Begründung durch den Umstand, dass die betreffenden Fortsätze auch den Antheridien tragenden Oogonien nicht fehlen und solche Doppelbildungen von Antheridien doch recht unwahrscheinlich wären. Ueber hypogyne Antheridien vergleiche *S. intermedia* und Anhang II.

Die Sporangiumanlage der *S. heterandra* (Fig. 22—27).

Die Sporangiumanlagen zeigen eine grosse Verschiedenheit der Form. Um das bei voriger Species Gesagte nicht wiederholen zu müssen, verweise ich auf die Abbildungen, wobei insbesondere Fig. 23 und 27 mit ihren unförmlichen Schläuchen hervorzuheben sind.

Aus den beiden Figuren ist zu ersehen; dass die Form in einem engen Zusammenhange mit dem Stande sich befindet, indem bestimmte Formen bestimmten Ständen entsprechen. So kommen die kugeligen und länglichen Conidien am häufigsten in Ketten als abgeschnürte vor, wie ja die Abschnürung — Fig. 24 stellt links abgeschnürte Conidien, rechts *c* eine fructificative Fadenbildung dar — überhaupt regelmässigere Gestalten erzeugt, z. B. Fig. 24 u. 26 (vergl. auch die Figuren der Conidienketten

anderer Species). Ein anderer Stand lässt sich als die Verbindung des Sympodiums mit kettenartiger Abschnürung bezeichnen (Fig. 26). Das Sympodium fängt mit einer sackartigen Ausstülpung in seiner einfachsten Form an (Fig. 25) und erreicht seine Vollendung in den Ständen, wie der in Fig. 26 gezeichnete. Es finden auch andere Anordnungen im Sympodium ihre Ableitung, und vielleicht ist Fig. 26 die Anfangsbildung einer Schraubel. Solche Uebergänge sind bei anderen Species auch recht häufig, und es wäre zwecklos sie hier einzeln zu benennen. Interessanter ist eine andere Gruppe von Ständen, welche im eigentlicheren Sinne für diese Species charakteristisch sind. An Formen ist sie noch reicher als die soeben behandelte. Am oberen Ende des etwas verbreiterten Fadens befinden sich, ihm seitlich ansitzend oder in seiner Continuität liegend (Fig. 27), wulstige, sackartige, meist querwandlose Conidien (Fig. 27*c*). Der Tragfaden dieser verläuft in eine lange, in den meisten Fällen leere und stumpfe Spitze aus (hier gekürzt gezeichnet); Fig. 23, welche statt einer Spitze in *c* eine Conidie besitzt, der ein Conidieoogonium aufsitzt ist wohl ein Uebergangsglied zwischen dem gabeligen und sympodialen Stande (Fig. 24 u. 26) und dem soeben vorgeführten. Die Aehnlichkeit und die Unterschiede des Standes in Fig. 27 mit demjenigen bei *S. esocina* ergeben sich von selbst. Beiden eigenthümlich ist die geringe Zahl von Querwänden; in Fig. 27 deren drei. Da die Spitze in Fig. 27*c* den Faden nach oben fortsetzt, so ist der Stand ein intercalarer, während er bei *S. esocina* sp. nov. (Fig. 13 u. 14) endständig ist.

Andere Stände sind noch complicirter. Ihre einzelnen Abschnitte verknäueln sich so regellos, dass sie sich mit keinem Fruchtstande der Pilze oder anderer Pflanzen vergleichen lassen.

Die Umwandlung in Sporangien ist hier eine massenhafte. Von den einfachen Formen der Conidiesporangien braucht nichts gesagt zu werden; es sind dies die gleichen wie bei den anderen Species. Es giebt aber ausser diesen auch „riesengrosse“ unbestimmter Gestalt. Ziemlich gross sind zwar schon die entleerten der Fig. 23 u. 27, allein noch grösser und formenreicher sind diejenigen, welche den unbestimmbaren complicirten Ständen angehören. Ein solches fertiges Conidiesporangium

besteht dann oft aus dem in der Continuität des Fadens liegenden Stück, dem Hauptast, dem secundären und oft auch dem tertiären Zweige, ähnlich dem in Fig. 61, Taf. II für eine andere Species gezeichneten Sporangium. Das als dünne Spitze auslaufende Hyphenende ist bei vielen Fructificationen leer, bei anderen mit Plasma erfüllt, es zeigt aber keine Umbildung zu Sporangien und scheint nur als Dauerconidie der Fortpflanzung zu dienen. — Aus dem Gesagten geht hervor, dass eine Bevorzugung bestimmter Orte für die Umwandlung in Sporangien nicht statt hat, und das Gleiche gilt von der Form und Grösse der dazu sich anschickenden Conidien.

Auch das Conidieoogonium ist an keinen bestimmten Entstehungsort gebunden, allein seine Form und seine Grösse ist eine weitaus bestimmtere wie für *S. esocina*, so auch für die vorliegende Species und die noch zu behandelnden. Die Conidieoogonien sind end-, seitenständig oder intercalar (Fig. 22—25).

In der Grösse wie in der Form sind die Conidieoogonien den gewöhnlichen Oogonien völlig gleich. Auch in structureller Beziehung existirt keine Verschiedenheit zwischen ihnen. Das Vorkommen von Zipfeln und hohlen Zapfen (Fig. 22) wurde bei Gelegenheit der gewöhnlichen Oogonien schon erwähnt.

Am Schluss der Darstellung der *S. heterandra* sp. nov. ist es fast unnöthig besonders zu bemerken, dass eine Uebereinstimmung zwischen dem Stande der normalen und der verkürzten Trauben der gewöhnlichen Oogonien und den Ständen der Conidien und Conidieoogonien nicht vorhanden ist.

Der Pilz steht der *Saprolegnia torulosa* de Bary sehr nahe. Bei beiden kommen androgyne und dikline Antheridien vor, der Durchmesser der Oogonien ist bei beiden annähernd gleich, aber da bei letzterer die gewöhnlichen Oogonien anscheinend unbekannt sind, so müssen die betreffenden Merkmale der *S. heterandra* bei der Vergleichung ausser Betracht fallen. Der Durchmesser der Oosporen der beiden Species ist verschieden; ebenso verschieden ist die Anordnung der Sporangiumanlagen, hier eine höchst mannigfaltige, bei *S. torulosa*, so viel bekannt, kettenartig.

6. *Saprolegnia rhaetica*

(l. c., p. 8—21 und p. 36—46, Taf. III, Fig. 1—16; Taf. IV, Fig. 1—4).

Nach der eingehenden Behandlung, welche diese Species in einer früheren Arbeit gefunden, ist es nicht nöthig, die Beschreibung des Pilzes hier zu wiederholen. Aus dem Vorhandensein der umbildungsfähigen Sporangiumanlagen bei diesem Pilze wurden damals Schlüsse gezogen (l. c., p. 42 u. 43—44), welche durch die vorliegende Untersuchung vollauf gerechtfertigt werden. Die Erweiterung des Themas zwingt mich, die *S. rhaetica* den Saprolegnien heterogener Anordnung der Fructificationsorgane anzureihen.

B. Isogene Anordnung der Fructificationsorgane.

Die fünf hier zu behandelnden Saprolegnien sind charakterisirt durch die übereinstimmende Anordnungsweise der primären und der abgeleiteten Fructificationsorgane, so dass die letzteren als eine Wiederholung der primären auf einer höheren Stufe der Entwickelung gelten können. Den bisher besprochenen Umwandlungsproducten der Conidien reihen sich in dieser Abtheilung die Antheridien an, vorerst in ihrer Form als hypogyne Antheridien. Es wird gezeigt werden, dass die durch ihre Stellung als solche und ihrer Beschaffenheit nach als Conidien fest bestimmten hypogynen Antheridien, insofern sie eben Conidien sind, in Sporangien sich umwandeln oder den Dauerzustand eingehen können.

Welche von den beiden Anordnungsweisen der Fruchtformen die heterogene oder die isogene, die ursprünglichere, d. h. die morphologisch ältere ist, wird sich am Schlusse der Darstellung mit einiger Wahrscheinlichkeit ergeben. Die hier behandelten Arten sind: *S. Thureti* Thuret, de Bary, *S. intermedia* spec. nov., *S. monilifera* de Bary, *S. torulosa* de Bary, *S. bodanica* spec. nov. und die unvollständig bekannte S. spec. IV.

Die Arten sind hier geordnet nach der Rangstufe, die sie in der Annäherung der abgeleiteten an die primären Fructificationsorgane einnehmen.

7. *Saprolegnia Thureti* (Taf. I, Fig. 28—36).

Die Species ist der am längsten bekannte Vertreter der Gattung. Das Vorkommen von Sporangiumanlagen wurde bei ihm bis jetzt völlig übersehen. Von Thuret[1]) und den zahlreichen späteren Beobachtern, welche sie mit ihm und Gruithuisen, wie A. Fischer[2]) es bemerkt, *Saprolegnia ferax* nannten, bis auf Huxley und de Bary[3]) blieb die Sporangiumanlage unbeachtet. Aus einigen Angaben des zuletzt genannten Forschers (Botan. Zeitung 1883, p. 55) ist zu entnehmen, dass er bei diversen Arten der damaligen *Ferax*-Gruppe wahrscheinlich Conidienbildungen beobachtete, sie aber als „nicht normale" Entwickelung auffasste. Auch Brefeld hatte, wie ich in der Flora, l. c., p. 39 anführte, an ihr Conidien beobachtet.

Ausser der Eigenschaft der Conidienbildung besass der Pilz, der in zwei Exemplaren des gleichen Standortes zur Untersuchung vorlag, einige unwesentlichere ihn von *S. Thureti* der Literatur unterscheidende Merkmale. Dies bewog mich, hier eine kurze vollständige Beschreibung des Pilzes zu geben.

Er stammt aus Proben, die der Schleuse am Sihlkanal im Sihlhölzli, Stadt Zürich, entnommen wurden. Sie bestanden aus Stücken des mürben Holzes der Schleuselatten, dem diesen anhängenden Schlamm, Wurzelstücken, *Vaucheria*-Rasen u. s. f. In Kultur befand sich der Pilz vom Februar 1895 bis August des gleichen Jahres.

Der Rasen des Pilzes ist steif abstehend und kräftig. Es ragen vom Mehlwurm oft starke Hyphen in die Luft, worin der Pilz sich ähnlich mancher *Achlya* verhält. Der Durchmesser der Haupthyphen betrug ca. 25—60 μ, derjenige der Nebenäste 10—20 μ.

Die Sporangien besitzen die gewöhnlichen Durchwachsungen der Gattung. Sie kamen in grosser Zahl zur Ausbildung.

Fast gleichzeitig tauchten auch die Oogonien auf, in den bekannten Ständen als: Büschel, Trauben und Ketten. Da die

---

1) Ann. sc. nat. Bot., 3. série, T. XIV, Taf. XXII (1850).

2) Rabenhorst's Kryptogamenflora, Phycomycetes, p. 339.

3) l. c. (1881) und Botan. Zeitung 1883 und 1888.

Oogonienstände oft beschrieben und abgebildet wurden, konnte füglich eine bildliche Darstellung hier unterlassen werden. Die in Ketten angeordneten gewöhnlichen Oogonien sind von den Conidieoogonien gleichnamiger Stellung streng unterschieden worden. Schon die oberflächliche Prüfung lässt den Unterschied erkennen. Währenddem nämlich die Conidien tragenden Haupt- und Nebenhyphen einen mehr unregelmässigen Verlauf nehmen und oft ziemlich dünn sind, bilden die Reihen gewöhnlicher Oogonien den Abschluss dickerer, gerader und starr abstehender Hyphen, welche zudem meist inhaltsarm oder ganz leer sind. An den Oogonien waren etliche Mal meist inhaltslose Ausstülpungen der Basalwand zu bemerken, in Form der bekannten Zapfen und Zipfel.

Die Oogonien sind kugelig (Taf. I, Fig. 35, 36), die endständigen einer Reihe besitzen eine stielähnliche Verdünnung, die intercalaren sind länglich. Die ziemlich dicke, farblose Membran zeigt, wenn die Oogonien längere Zeit im Wasser liegen, einen gelblichen Ton. Sie besitzt zahlreiche breite, oft etwas vorstehende Tüpfel. Das bekannte Thuret'sche und Pringsheim'sche Bild der Tüpfel, in welchem sie nicht als dünnere Membranstücke, sondern als dunkle Stellen wiedergegeben sind, ist nur bei hoher Einstellung richtig[1]). In Wirklichkeit sind aber die Tüpfel rund oder oval, wie diejenigen der anderen Species der Gattung und nicht fensterartig-kantig (vergl. Fig. 36, Taf. I). Der Oogoniendurchmesser betrug in kleiner Abweichung von den bisherigen Angaben 70—106 μ. — Die centrischen Oosporen besitzen eine ziemlich dicke Membran. Ihre Zahl in einem Oogonium beträgt 3 bis gegen 50. In ihrem Durchmesser stimmen die Oosporen mit den bisherigen Angaben überein, derselbe liegt zwischen 23 und 26,5 μ.

Die Conidieoogonien und deren Oosporen sind den gewöhnlichen Oogonien und deren Oosporen in Form, Grösse und Structur vollkommen gleich. Antheridien fehlen der Form vollständig.

---

1) Wenn ich nicht irre, zeichnet sie auch Huxley in dieser Weise. Vergl. Quart. journ. of micr. sc. 1881/82, Bd. XXII.

Die Sporangiumanlage der *Saprolegnia Thureti* (Taf. I, Fig. 28—36).

Die Conidien treten entweder nach dem Verblühen einer Sporangienvegetation auf, oder es bilden sich an den Rasen von Anfang an nur Conidien aus. In beiden Fällen ist ihr Auftreten ein massenhaftes. Besonders kräftige Hyphen mit grossen Conidien oder conidienartig verdickten leeren Endigungen ragten oft vom Mehlwurm starr abstehend in die Luft. Des Luftgehaltes wegen erschienen dieselben dem blossen Auge häufig rein weiss und glänzend.

Der Form nach sind die länglichen und kugeligen Conidien am häufigsten, vergl. Fig. 30—31 und 36. Die unregelmässigen Gestalten der *S. heterandra* und *S. esocina* wurden nicht angetroffen, hingegen ist die Grösse der Conidien ebenso grossen Schwankungen unterworfen, wie bei allen hier studirten Arten. Die Conidien sind meist mit einem dichten Plasma erfüllt. Wie bei *S. rhaetica* (l. c., Taf. III, Fig. 4) und der noch zu besprechenden *S. bodanica* kommen auch bei *S. Thureti* die Conidien verbindende Häute vor (Taf. I, Fig. 32).

Der Conidienstand weist bei aller Unregelmässigkeit einige häufig wiederkehrende Formen. Manche derselben lassen sich ebensowenig wie bei anderen Species genau charakterisiren. Ausser der gewöhnlichen Anordnung in Ketten (Fig. 32, 35, 36) wiederholt sich am häufigsten ein einfaches Sympodium (Fig. 28, 29, 30) und diejenigen Bildungen, die sich demselben direct anzuschliessen scheinen (Fig. 31 u. 33); noch immer sympodiumartig ist Fig. 34.

Zum Verständnisse dieser Anordnung, welche auch bei anderen Arten häufig auftritt, soll der Vorgang ihrer Vervollkommnung an der Hand der Figuren erläutert werden. Am Ende einer Conidienhyphe (Fig. 29) oder an einer der obersten Conidien einer Conidienreihe (Fig. 30) wird eine sackartige Ausstülpung gebildet, die zum Conidiesporangium wird oder in den Dauerzustand eintritt. Im Weiteren ist es nicht die zweitoberste oder, allgemein gesagt, eine intercalar gelegene Conidie, welche diesen stumpfen Ast ausbildet, sondern die unterste (Fig. 33). Der sympodiale Ast, in Fig. 30, 31, 33 mit *b* bezeichnet, kann

ein Dutzend und mehr Conidien tragen; in ebenso viele Conidien kann die Fortsetzung des Fadens nach oben, in den Figuren mit *a* bezeichnet, zerfallen sein. Denkt man sich die in Fig. 31 und 33 in *b* angedeutete Fadenbildung an Stelle der Abschnürung treten, so erhält man Conidienstände von der in Fig. 34*a* und *b* gegebenen Form. Zweierlei ist hier festzuhalten: Bildung des sympodialen Astes statt an der Spitze (Fig. 29) an einer intercalaren Conidie (Fig. 33) und endlich am Faden selbst (Fig. 31) und das Vortreten der Fadenbildung an Stelle der Abschnürung in der sympodialen oder gabeligen Bildung der Fig. 34. Man könnte nun allerdings das Sympodium als einen verkümmerten Abkömmling der Gabelung ansehen. Darauf lässt sich entgegnen, dass das Sympodium als ein einfacher Stand in hohem Maasse umbildungsfähig ist, Conidien abschnürt oder sie im Faden bildet und bei Arten vorkommt, die keinen gabeligen, der Fig. 34 ähnlichen Stand besitzen. Es genügt auch der Hinweis auf die sympodialen Stände besitzenden *S. esocina*, *S. heterandra, S. bodanica* und *S. rhaetica;* bei diesen Formen liegt das Sympodium complicirten und häufig nicht gabeligen Ständen zu Grunde.

Die Verwandlung der Conidien in Sporangien ist oft eine so massenhafte, dass manche Conidienkulturen fast nur entleerte Conidiesporangien besitzen. Es lässt sich keine Regel darüber aufstellen, welche Conidien zu Sporangien werden sollen. Das Verhalten der Conidiesporangien, die Zoosporenentleerung u. a. m. sind die gleichen wie der gewöhnlichen Sporangien.

Wie bei den anderen Arten, so sind auch hier die Conidieoogonien an viel bestimmtere Formen gebunden. Sie bilden sich fast ausschliesslich in Ketten der Conidien aus, und zwar ebensowohl als Abschluss derselben (Fig. 36), als intercalar (Fig. 35).

Die Uebereinstimmung der primären mit den abgeleiteten Fructificationsorganen bezieht sich bloss auf die kettenartige Anordnung beider und nicht auf die zahlreichen anderen Stände der gewöhnlichen Oogonien.

8. *Saprolegnia intermedia* spec. nov. (Taf. II, Fig. 37—51a).

Während einer früheren Untersuchung über die Saprolegnieen wurde ich darauf aufmerksam, dass bei der Varietät I der *Hypogyna*-Gruppe Conidien vorkommen. „Es kommen auch in der Continuität des Hauptfadens gelegene und seitlich sich entleerende Sporangien vor. Zur Seltenheit tauchen Conidien auf und dies nicht nur in älteren Rasen; sie sind in Reihen angeordnet" u. s. f. (Flora 1894, p. 23 des S.-A.). In den zahlreichen, speciell zum Zwecke der Erforschung der Sporangienanlage unternommenen Kulturen, fand sich in *S. intermedia* sp. nov. eine echte hypogyne, Conidien tragende Saprolegniee, deren Oogonien fast ohne jede Ausnahme hypogyne Antheridien trugen. Bekanntlich ist das letztere weder bei der Pringsheim-de Bary'schen Form, noch bei meinen fünf *Hypogyna*-Varietäten der Fall. De Bary bemerkt ausdrücklich, dass sie auch fehlen können, und in meinen hypogynen Formen war ihr Auftreten einem so grossen Wechsel unterworfen, dass ich sie in einer Discussion über die Bedeutung des hypogynen Antheridiums (l. c., p. 44—46) als rudimentäre Durchwachsungen anzusehen gezwungen war.

Conidie-Sporangien und -Oogonien hatte ich an der *Hypogyna*-Varietät I. nicht beobachtet; ich möchte aber die Möglichkeit der Umwandlung jener Conidien nicht ausschliessen. Nachdem ich in Proben der verschiedensten Substrate und Gegenden Conidien beobachtet hatte, die sicher den Arten der Gattung *Saprolegnia* angehörten, neige ich überhaupt der Ansicht zu, dass fast alle Vertreter dieser Gattung unter gewissen Kulturbedingungen Conidien erzeugen. Die erste Untersuchung wurde von einem anderen Gesichtspunkte unternommen, und ein Uebersehen dieser Form der Fructification ist nicht ganz unmöglich.

Aber noch eine andere höhere Bedeutung als diejenige es ist, Daten zu Schlüssen zu liefern, die nicht nothwendig zutreffend sind, müssen einer hypogynen conidientragenden Form der Gattung *Saprolegnia* zugestanden werden. Wird an den sämmtlichen hier behandelten Arten der Beweis erbracht, wo der gemeinsame Ursprung der Sporangien und Oogonien zu suchen ist, so werden durch die vorliegende Species auch die hypogynen Antheridien

auf diesen einen, allen abgeleiteten Fruchtformen gemeinsamen Ursprungsort zurückgeführt.

Der Pilz stammt aus einer Probe vom Wallensee bei Murg (Schweiz), in welcher Grundschlamm vom Ufer nebst Algen vorhanden waren. In Kultur befand sich der Pilz vom October 1894 bis zum September 1895. Als der Pilz schon isolirt war, tauchten auf Mehlwürmern der ursprünglichen Kultur eine *Achlya* und ein *Pythium* auf. Ich liess beide unbestimmt.

Der Rasen war wenig lang; im Ganzen, etwa $^3/_4$ cm vom Mehlwurm abstehend, besass er ein zartes Aussehen. Der Durchmesser der Hauptfäden beträgt 34—46,5 μ, derjenige ihrer Nebenäste 6—15,5 μ. Die letzteren sind in gleicher Entfernung vom Hauptfaden von gleicher Dicke.

Die Sporangien sind die gewöhnlichen der Gattung. Ausstülpungen der jungen durchwachsenden Sporangien über die Haut der entleerten waren keine Seltenheit, worin der Pilz der *Hypogyna*-Gruppe und der *S. rhaetica* ähnlich ist. Der Zoosporendurchmesser beträgt 11—15,5 μ und wird angeführt zum Vergleiche mit den dünnen Nebenästen und Oogonienstielen.

Die gewöhnlichen Oogonien zeigen entweder eine unregelmässige Gruppirung in Büscheln (Taf. II, Fig. 41) am Ende eines Tragfadens, ganz ähnlich derjenigen, die ich bei *S. mixta* de Bary fand[1]), oder sie sind nach Art eines Dichasiums (Wickels oder Schraubels) geordnet. Ausser in diesen Anordnungen finden sich die Oogonien einzeln endständig an Haupt- und Seitenfäden vor, ferner in eigentlichen Reihen, gleich den Conidien, und intercalar. Im Ganzen besitzen die Oogonien keine mannigfaltigen Stände.

Die kurzen bis sehr langen und im Durchmesser bis auf 11—14 μ absteigenden Oogonienstiele sind in der Nähe des Oogoniums verbreitert, so dass das hypogyne Antheridium etwas breiter ist als der übrige Theil des Stieles. Der Form nach sind die Oogonien kugelig, die endständigen und die in Reihen geordneten sind oft birn- bis tonnenförmig und im Allgemeinen länger als breit. Die beiden Formen findet man vereinigt in

1) Vergl. Jahresber. d. Naturf.-Ges. Graubündens, Bd. XXXVIII, 1894/95: Z. Kenntn. der schweiz. Wasserpilze, Fig. 3, Taf. I.

Fig. 49, vergl. auch Fig. 41, 45, 46, 51, Taf. II. Die äusserst dünne, farblose Oogoniummembran besitzt an kleineren Oogonien meist gar keine Tüpfel, an grösseren deren 2—5. Die Zartheit der Membran, die beim leisesten Druck einfällt und den Oogonien sich anlegt, ebenso wie die nicht auffälligen, nur wenig vorragenden, nur bei stärkerer Vergrösserung gut sichtbaren Tüpfel (Fig. 50, 51) erinnern an die Structur der Membran der *Hypogyna*-Varietäten (l. c., Taf. III u. IV). Die Tüpfel wurden hier bei der Vergrösserung 420/1 eingezeichnet, obgleich sie erst bei 650/1 gut zu unterscheiden sind. Der Durchmesser der Oogonien beträgt 48—113 μ.

Die Oosporen, welche in der Zahl 6—10 und bei grösseren Oogonien bis 40 im gleichen Oogonium sich vorfinden, besitzen einen centrischen Bau und ihre Membran ist dick und farblos. Ihr Durchmesser beträgt 19—23 μ. Die Keimung tritt 20 Tage nach der Reife ein. Da jedoch die kurzen, breiten Keimschläuche der Oosporen, ähnlich der *S. heterandra*, nur im Innern des Oogoniums zu sehen waren, so sollten sie an geeigneterem Material noch einmal festgestellt werden.

Die intercalar gelegenen Antheridien sind fast an jedem Oogonium vorhanden, wie dies sonst bei keiner mir bekannten hypogynen Form vorkommt (Fig. 40—52). Eine antheridiale Querwand ist fast immer vorhanden und meistens auch ein kurzer bis sehr langer, unverzweigter oder reich verzweigter Zipfel oder einige solche Zipfel. — Während das hypogyne Antheridium in seiner ganzen Erscheinungsweise als Conidie, Conidiesporangium und Conidieantheridium (Fig. 45*a*, 48, 49*a*, a_1, a_2) in die Behandlung der Conidie gehört, muss das hypogyne Antheridium der gewöhnlichen Oogonien hier gesondert behandelt werden, da es, entsprechend der höheren Stufe morphologischer Differenzirung, Eigenthümlichkeiten besitzt, die dem hypogynen Antheridium der Sporangiumanlage nicht zukommen.

Die antheridiale Zelle ist entweder bloss schwach vorgewölbt (Fig. 41) oder sendet in's Oogonium einen bis sehr viele hohle Fortsätze aus. Ist nur ein Fortsatz da, so kann er unverzweigt sein (Fig. 41) oder eine mehr oder weniger reiche Verzweigung besitzen, welche in Fällen besonders üppiger Entwickelung einen breiten Hauptfortsatz mit fünf Seitenzweigen

zeigt (Fig. 51): der Fortsatz und die Verzweigungen nehmen nach ungefährer Schätzung etwa $^1/_6$ des Oogoniuminhaltes ein. Statt eines einzigen können, und dies ist häufiger der Fall, mehrere Fortsätze (bis zwölf) in's gleiche Oogonium eindringen: in Fig. 50 deren zehn, in Fig. 51a unten fünf, oben drei Fortsätze. Wenn viele Fortsätze da sind, so bilden sich fast nie Verzweigungen an ihnen aus. Der Inhalt der hypogynen Antheridien ist ein feinkörniges, gleichmässig vertheiltes Plasma. Gänzlich leere Antheridien sind selten.

Die Fortsätze besitzen eine dünne Membran und sind in Folge ihrer Zartheit oft erst bei stärkerer Vergrösserung zu sehen. Die „Befruchtungsschläuche" setzen sich in Folge dessen von den dickeren Wänden der Basalzelle scharf ab. Der leichteren Orientirung wegen wurden sie in Fig. 50, 51 u. 51a als über den Oosporen liegend gezeichnet, während in Wirklichkeit sie zwischen den Oosporen sich hindurch winden und nicht selten die entgegengesetzte Seite des Oogoniums erreichen.

Sind diese Fortsätze eigentlich als Befruchtungsschläuche charakterisirt? D. h. besitzt das Antheridium eine obere Querwand, welche diese Fortsätze vom übrigen Theil des Antheridiums abschliesst, wie bei androgynen und diklinen Antheridien anderer Saprolegnieen? Die Querwand in *b* der Fig. 50, 51 und in 51a gehört ebenso gut dem Oogonium als dem Antheridium an, und es ist eben diese Querwand, welche das Basalstück des Oogoniums zum Antheridium macht. Abgrenzung der Fortsätze als Befruchtungsschläuche durch Querwände müsste auch im Innern des Oogoniums an ihnen zu sehen sein. Solche Querwände fehlen hier vollständig. Die Ansatzstellen der Fortsätze an den Wänden *b* sind entweder durchbrochen (Fig. 50), oder es sind Querwände vorhanden, aber diese fallen in die Fläche der dem Oogonium und dem Antheridium gemeinsamen Querwand *b* in Fig. 51 u. 51a. In diesem Falle setzen sich die Befruchtungsschläuche als besondere Zellen von der Querwand *b* ab.

Dies sind die merkwürdigen Organisationsverhältnisse dieser Bildungen, denen noch der mir nur einmal vorgekommene Fall eines Oogoniums mit zwei hypogynen Antheridien, einem unterständigen wie bei den anderen Figuren und einem gipfelständigen (Fig. 51a), der Vollständigkeit halber angefügt werden mag.

Die Sporangiumanlage der *S. intermedia* spec. nov. (Taf. II, Fig. 37—40 und 42—49).

Die Form der Conidien ist vorherrschend die kugelige bis kurz cylindrische und konische. Abweichende Gestalten werden noch Erwähnung finden. Wie die Form, so ist auch die Grösse der Conidien keine in so weiten Grenzen schwankende wie bei anderen Saprolegnieen. Winzig kleine Conidien sind allerdings keine Seltenheit. Der grösste Durchmesser, den ich fand, war jedoch nur 140 × 190 μ.

Der Stand der Conidien hat eine gewisse Bestimmtheit erlangt. Von einer Verzweigung, wie sie in ihrer regellosen Mannigfaltigkeit bei den S. spec. I—III in den Vordergrund tritt und bei *S. esocina* spec. nov., *S. heterandra* spec. nov., *S. rhaetica* und *S. Thureti* in successive engere Grenzen gefasst wird, sind hier nur noch Ueberreste vorhanden (Fig. 37, 43, 44, 44a und 44b). Der fast einzig hier in Betracht fallende charakteristische Conidienstand ist die Kette, welche frei oder als Durchwachsung auftritt. Sie ist hier mit grosser Deutlichkeit fixirt als völliges Analogon der Stände der gewöhnlichen Oogonien.

Die Umwandlung in Conidiesporangien ist eine so überaus häufige, dass oft zehn und mehr Glieder einer Kette zu Sporangien werden. Neben solchen Ständen kommen auch gemischte vor, in denen die Conidie-Sporangien und -Oogonien und Dauerconidien in verschiedener Stellung und Zahl vorkommen. Bald ist die oberste Conidie zu einem Sporangium (Fig. 40) oder zu einer Dauerconidie (Fig. 46) oder zu einem Oogonium (Fig. 39) geworden, bald schliessen zwei Oogonien eine Reihe von Dauerconidien ein (Fig. 49) u. s. f. — Auf die Umwandlung hypogyner Conidien (Antheridien) zu Sporangien sei hier nur beiläufig hingewiesen (Fig. 45*a*). Die Conidiesporangien besitzen häufig Entleerungshälse, die zu eigentlichen Schläuchen oder Keulen auswachsen (Fig. 44, 44a, 44b). Sie sind oft so gross, dass die Conidie, der sie angehören, als ihr Anhängsel erscheint und nicht umgekehrt. Oft besitzen sie eine eigenartige Verzweigung (Fig. 44b). Unter diesen Umständen befremdet es nicht, dass sie Querwände ausbilden (Fig. 44) und aus Organen, die der Entleerung der Zoosporen dienen, selbst zu Sporangien werden.

Die Zoosporenentwickelung und das weitere Verhalten der Zoosporen nach der Entleerung sind die gleichen wie bei gewöhnlichen Sporangien. Eine so massenhafte Ausbildung von Sporangien wurde nur noch bei *S. Thureti* beobachtet.

Auch die Conidieoogonien stehen meist in Ketten. Ihre Vertheilung im Stande wurde schon erwähnt, vergl. die betr. Figur. Sie treten auch als Durchwachsung in leeren Sporangienhäuten auf. Erwähnenswerth sind die nicht gerade häufigen, aber doch in jeder Kultur vorkommenden seitenständigen Conidieoogonien (Fig. 42, 43, 45, Taf. II). Die Anordnung in Ketten, als ein häufig vorkommender Stand der Conidien, verlangt eine besondere Beachtung, weil auch die gewöhnlichen Oogonien verschiedener Saprolegnieen, wie diejenigen der *Hypogyna*-Gruppe und der *S. dioica*, häufig in Reihen stehen, und Oogonien solcher Stellung bei den Conidien tragenden *S. Thureti*, *S. rhaetica*, *S. torulosa* eine häufige Erscheinung sind. Es scheint, dass die Fähigkeit der Conidien sich in Oogonien umzuwandeln vorzüglich in diesem Stande sich befestigt hat. Die Oogonienausbildung in Reihen erreicht ihren Höhepunkt wahrscheinlich bei *S. monilifera* de Bary, indem bei ihr nach den Literaturangaben die Oogonien fast ausschliesslich in diesem Stande auftreten, und darin die einzige Eigenschaft der bei dieser Art z. Z. noch unbekannten Conidien verrathen.

In der Form weichen die Conidieoogonien von den gewöhnlichen Oogonien nicht ab. Vergl. Fig. 41, 50, 51, 51a mit den Conidieoogonien der betreffenden Figuren. Die letzteren sind oft etwas länglich oder bauchig aufgetrieben (Fig. 46).

Die hypogynen Antheridien kehren bei der Sporangiumanlage in einer so zu sagen allgemeineren Form wieder. Mustert man Conidienstände, an denen Oogonien sich befinden, so überzeugt man sich, dass das hypogyne Conidieantheridium den Conidieoogonien fast nie fehlt, dass aber auch unter Conidiesporangien und unter Dauerconidien sich kleinere Zellen befinden, welche wahrscheinlich immer leer waren (Fig. 48*a*, 38*a*) oder, wenn sie einen Plasmainhalt besassen, sich zu Sporangien umwandelten (Fig. 45*a*) oder den Dauerzustand eingingen (Fig. 49*a*, a_1, a_2). Die unmittelbar sich aufdrängende Folgerung ist die, dass die besagten kleinen Zellen, die so verschiedene Gebilde

begleiten, entsprechend dem Charakter der Sporangiumanlage, die verschiedenen Stufen der Vollendung eines und desselben Organs darstellen. Zunächst ist dieses primitive hypogyne Antheridium, komme es unter einem Conidiesporangium, einem Conidieoogonium oder unter einer Dauerconidie vor, von diesen unterschieden: erstens durch seine abweichende Form, es ist nämlich kurz, cylindrisch; zweitens durch seine geringe Grösse und drittens durch seine Stellung als eine die Conidieoogonien oder Dauerconidien trennende Zelle, vergl. die betreffenden Figuren. Aus der Stellung, welche diese kleinen Conidien den anderen gegenüber einnehmen, schlossen wir eben auf deren Natur. Es hat diese kleine Zelle die Eigenschaften der Sporangiumanlage noch nicht völlig aufgegeben; sie kann nämlich, wenn sie auch unter einem Oogonium liegt, noch zum Sporangium werden (Fig. 45 *a*) und sogar eine Durchwachsung der unter ihr liegenden Conidie erfahren (Fig. 39). Sie kann auch den Dauerzustand eingehen, wie unter den Dauerconidien oder in ihrer Ausbildung stehengebliebenen Conidieoogonien der Fig. 49 a, a_1, a_2, sie selbst, und dies ist von Wichtigkeit, kann aber niemals zu einem Oogonium werden. Das Conidieantheridium zeigt sich bei allen diesen Vorkommnissen als eine Sporangiumanlage grösserer Bestimmtheit. Diese Bestimmtheit beruht also auf einer Einschränkung der Eigenschaften der Sporangiumanlage, und wird nur an dieser einen durch ihre Stellung wohl charakterisirten Art der Sporangiumanlage sichtbar. Sie wird noch verschärft durch die Ausbildung einer vorgewölbten Membran oder eines Fortsatzes, welche zwar öfters als rudimentäre Durchwachsungen an den primären Fruchtformen vorkommen (da sie ja sogar in Conidieantheridien vordringen können [Fig. 39]), hier aber an den Conidien so bestimmter Merkmale nothwendig als die ansehnlichen Vorläufer der bei den gewöhnlichen Oogonien gleicher Species so stattlichen Befruchtungsschläuche angesehen werden müssen[1]).

Auf die Uebereinstimmung der Anordnungen der Conidien mit den gewöhnlichen Oogonien wurde im Verlaufe der Beschreibung aufmerksam gemacht.

---

1) Eine Auseinandersetzung über die Durchwachsung und das hypogyne Antheridium vergl. Anhang sub II.

S. intermedia spec. nov. gehört jedenfalls der Collectivspecies *S. hypogyna* an und dürfte am ähnlichsten der Varietät V sein [1]). Sie stimmt mit ihr überein in der Zahl der Tüpfel und sonstigen Eigenschaften der Membran, ferner in der Grösse der Oosporen. Andererseits sind Conidien nur für die Varietät I der *Hypogyna*-Gruppe bekannt.

9. *Saprolegnia monilifera* de Bary

(Botan. Zeitung 1888, Taf. IX, Fig. 6a und b).

Obgleich mir die Form zur Untersuchung nicht vorlag, so ziehe ich sie dennoch zu den Sporangiumanlagen besitzenden Saprolegnieen, da sie an die vorige Species sich anlehnt und, wie A. Fischer [2]) zutreffend bemerkt, der *S. torulosa* de Bary „am nächsten steht". Von der letzteren werde ich mit Hilfe der de Bary'schen Zeichnungen und Beschreibungen beweisen, dass sie Sporangiumanlagen besitzt. Indem ich auf die Beschreibung de Bary's und Fischer's verweise, führe ich nur kurz die Gründe an zur Rechtfertigung des Gesagten.

Die Oogonien (gewöhnliche oder Conidieoogonien?) sind in Reihen geordnet und entstehen basipetal bis 15 hintereinander. A. Fischer meint, „dass hier eine Umwandlung von apandrischen Oogonien in Conidien" vorliegt. Nun ist die Lostrennung vom Mycel, der eine Abschnürung voranging, eine Eigenthümlichkeit vieler Conidien, und so bilden sich beispielsweise die Conidieoogonien der *S. rhaetica*. Die Auflösung der Ketten in einzelne Glieder scheint also hier Regel zu sein, und vielleicht irre ich nicht, wenn ich umgekehrt behaupte, dass hier Conidien vorliegen, die zu Oogonien umgewandelt werden.

Die Vermuthung über die Zugehörigkeit der *S. monilifera* stützt sich noch auf einen anderen Punkt. Wenn auch Conidiesporangien bis jetzt nicht beobachtet wurden, so ist das Vorkommen von Sporangien in „cymöser Sprossung" und in „schraubeligen Büscheln" eine sichere Gewähr für die Aehnlichkeit dieser Anordnungen mit denjenigen der Conidien anderer Sapro-

---

1) Flora, l. c.

2) Rabenhorst's Kryptogamenflora, Phycomycetes, p. 342, Anm.

legnieen. Wie de Bary und A. Fischer bemerken, kommen bei *S. monilifera* ausser diesen Sporangien noch solche mit den gewöhnlichen Durchwachsungen der Gattung vor.

Ueber die Verwandtschaft des Standes der primären und der abgeleiteten Fructificationsorgane ist zur Zeit kein Urtheil möglich.

10. *Saprolegnia torulosa* de Bary
(Abh. der Senckenb. Ges. p. 102 und Taf. VI, Fig. 15 u. 16).

Es sprachen nur Wahrscheinlichkeitsgründe für den Anschluss der vorigen Species an die Saprolegnieen des isogenen Ausbaues der Fructificationsorgane. Mit untrüglicher Sicherheit kann man diesen *S. torulosa* anreihen. Die Sporangiumanlagen wurden von de Bary, l. c., und neuerdings von Humphrey[1]) beobachtet, ihr Verhalten beschrieben, Conidiesporangien und Conidieoogonien auch abgebildet, nur ihre Bedeutung leider nicht erkannt.

Es sind hier Sporangiumanlagen, die den von mir gefundenen gleichen, sich in Sporangien und Oogonien verwandeln oder den Dauerzustand eingehen. Sie dürften sich auch als Durchwachsungen auffinden lassen, da zuerst gewöhnliche Sporangien mit Durchwachsungen sich bilden und später die durch schwache Einschnürungen abgesetzten Conidien. Diese treten beim Ansehen vom blossen Auge als Punkte hervor, und in Folge dessen erscheint der Rasen „torulös". Diese Bezeichnung liesse sich übrigens auf alle Conidienrasen anwenden, da sie alle ein solches Aussehen besitzen. Andere Conidienstände als Ketten scheinen nicht bekannt zu sein.

Das Vorkommen gewöhnlicher Oogonien wird nicht erwähnt. Den an den Conidieoogonien vorhandenen diklinen und androgynen Antheridien muss eine besondere Beachtung geschenkt werden (vergl. Taf. VI, Fig. 15 bei de Bary). Sie schmiegen sich den in Ketten stehenden Conidieoogonien auch dann an, wenn dicht unter ihnen im gleichen Stande Conidiesporangien sich vorfinden, und lassen uns dadurch die Conidien als Organe

1) The Saprolegniaceae of the Un. St. etc. Americ. Philosoph. Soc., Nov. 1892, p. 107 u. 108, Taf. XVI, Fig. 46—49.

grösserer Vollendung als die bisher behandelten erscheinen. Ich hatte unter den von mir untersuchten Formen vergebens nach solchen Conidieantheridien gefahndet. Freilich waren in den untersuchten Formen die Antheridien spärlich vertreten.

Welche Bedeutung dem Conidieantheridium (zunächst in seiner Form als hypogynes) bei *S. intermedia* spec. nov. zukommt, bei der es zum Sporangium werden kann, wurde hervorgehoben. Es fehlt nur noch das Auffinden androgyner[1]) und dikliner in Sporangien sich verwandelnder Conidieantheridien, um uns die Eigenschaften der Conidie von einer neuen Seite zu zeigen, und unsere bisherigen an Hand der Darlegungen bei *S. intermedia* gewonnenen Anschauungen über den Ursprung des Antheridiums zu ergänzen. Es bietet sich hier der Anlass zu folgender Fragestellung. In den primären und den abgeleiteten Fructificationsorganen besitzen wir die zwei extremen Punkte einer langen Entwickelungsreihe, welche das Functioniren der Geschlechtsorgane einschliessen. Der Ursprung des diklinen und androgynen Antheridiums konnte, wie das Beispiel des hypogynen zeigt, nur in einer Conidie liegen. Welche Veränderungen hat diese Conidie erlitten, bis sie die bekannte Form des functionslosen Antheridiums erreichte? Darüber fehlt uns jeder Anhaltspunkt. Es soll hier nur angedeutet werden, welche Zustände die durchlaufenen Zwischenstufen der Entwickelung erheischen könnten. Wahrscheinlich sind es keine anderen, als die theilweise am Beispiele der *S. intermedia* aufgedeckten.

Der zweite Forscher, welcher *S. torulosa* vor Augen hatte, begnügt sich damit die Species zu beschreiben und abzubilden[2]). Dass die von Lindstedt[3]) aufgezählten und theilweise abgebildeten, irrthümlicherweise zu Speciesmerkmalen erhobenen Conidienbildungen zu *S. torulosa* gehören[4]), ist fraglich in Anbetracht des allgemeinen Vorkommens der Conidien.

---

1) Solche zu Sporangien gewordene androgyne Conidieantheridien wurden von Reinsch bei *Aplanes Braunii* gefunden. Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. IX, Taf. XIV.

2) Humphrey, l. c., namentlich Fig. 47 u. 48.

3) Synopsis der Saprolegn. Berlin 1872, p. 45 ff. und Taf. VI.

4) A. Fischer, l. c., p. 341, Anm.

De Bary hatte fünf Jahre lang diese Species cultivirt, ohne dass andere Oogonien auftauchten, als die hier mit genügender Begründung zu Conidien gestellten. Damit fällt jeder Anhaltspunkt für eine Vergleichung der primären mit den abgeleiteten Fructificationsorganen.

11. *Saprolegnia bodanica* spec. nov. (Taf. II, Fig. 52—59a).

Eine ausgeprägtere und auf einen anderen Stand der gewöhnlichen Oogonien gerichtete Uebereinstimmung des Conidienstandes als sie *S. Thureti*, *S. intermedia*, *S. torulosa* und gewissermassen auch *S. monilifera* zeigten, lässt *S. bodanica* erkennen. Ihrer natürlichen Verwandtschaft nach gehört sie wahrscheinlich in die Nähe der *S. rhaetica*; und sie wurde wie diese nach dem Fundorte benannt.

Der Pilz stammt vom Bodensee bei Lindau. Er wurde aus einer mir gütigst von Herrn Realschulrector Dr. Kellermann in Lindau zugesandten Probe isolirt. Die ursprüngliche Kultur war von Cyanophyceen überwuchert. Die Reinkultur gedieh vortrefflich. Sie befand sich zehn Monate in Beobachtung.

Der Rasen ist zart, sehr locker, bis über 2 cm lang, gleichviel ob er Sporangien und Oogonien oder auch Conidien trägt. Die Hauptfäden besitzen einen Durchmesser von 31—47 μ, die Nebenäste einen solchen von 4,5—15,5 μ. Auf der oberen Fläche des Mehlwurmes fanden sich in die Luft ragende Hyphen vor, welche ein anderes Aussehen aufwiesen, als die im, oder auf dem Wasser schwebenden seitlich am Mehlwurm entspringenden.

Sie waren viel dicker als die anderen Hyphen und besassen keinen oder einen nur geringen Plasmainhalt. Ihr Durchmesser betrug 54—93 μ; ein Unterschied zwischen Hauptfaden und Nebenast machte sich nur wenig geltend, indem beide gleich breit, sackförmig und flächenartig ausgebreitet waren.

Im Innern der Hyphen waren nicht selten Cellulinkörner zu bemerken. Die dünneren Hyphen wurden von ihnen oft spundartig verschlossen (Fig. 59). Am häufigsten stellten sie eckige Körnchen dar; niemals aber runde Körperchen mit centrischer Structur wie bei *Apodya lactea*.

Die Sporangien besitzen die gewöhnlichen Durchwachsungen der Gattung.

Wie bei vielen anderen Saprolegnieen bilden auch hier die Oogonien einen traubigen Stand (Fig. 52), der hier sehr häufig vorkommt. Die traubenständigen Oogonien besitzen kurze bis sehr lange Stiele. Daneben finden sich Oogonien am Ende der Hyphen vor in unregelmässiger Vertheilung, etwas seltener intercalar. Oogonien in Ketten kommen gar nicht vor. — Der Oogonienstiel ist ziemlich dünn und in der Nähe des Oogoniums nur wenig verbreitert.

Dicht unter dem abgegrenzten Oogonium ist kein „hypogynes Antheridium" vorhanden, allein als sehr seltenes Vorkommniss findet sich dennoch ein solches vor. Eben so selten sind Zapfen oder Zipfel, die in's Innere des Oogoniums eindringen. Solche Zipfel sind auch in gewöhnlichen Hyphen anzutreffen; und ähnlich wie bei *S. rhaetica* u. a. m. auch in Conidien (Taf. II, Fig. 59 a). —

Unter manchen Oogonien entspringen seitlich lange, sehr dünne Schläuche (Taf. II, Fig. 56), ähnlich denjenigen bei *S. heterandra* spec. nov. Die Oogonien sind rund, seltener länglich, ihre Membran ist dünn und farblos und mit zahlreichen kleinen, scharf sich abhebenden, in der Seitenansicht etwas vortretenden Tüpfeln versehen. Der Durchmesser der Oogonien beträgt 54—93 μ. Die länglichen sind 88 μ breit und 108 μ lang.

In einem Oogonium befinden sich etwa vier bis über 30 centrisch gebaute, mit dicker hellgelber Membran versehene Oosporen, deren Durchmesser 23,5—31 μ beträgt.

Antheridien sind bei dem Pilze nicht vorhanden.

Die Sporangiumanlage der *S. bodanica* spec. nov. (Taf. II, Fig. 53—55 und 57—59 a).

Die Form der Conidien ist der gewöhnlichen bei anderen Saprolegnieen gleich, und auffallend unregelmässige Gestalten kommen hier nicht vor. Der Fortsetzung des Fadens angehörende Conidien (Fig. 53, 54) sind demnach mehr oder weniger cylindrisch bis eiförmig und an den Enden meist abgerundet. Auch die traubenständigen besitzen keine regelmässig wiederkehrende Form; sie sind in manchen Ständen fast kugelförmig (Fig. 55, 58),

in anderen aber verschiedenartig gestaltet (Fig. 57 und zum Theil Fig. 54). Häute, welche die Conidien miteinander verbinden, sind wie bei *S. rhaetica* und *S. Thureti* auch hier keine seltene Erscheinung. Auch die von anderen Arten schon bekannten Zipfel, die von einer Conidie in die andere dringen, sind hier vorhanden (Fig. 59a). Bei *S. bodanica* besitzen die Stände mannigfaltige Verzweigungen. Die wirtelähnliche Anordnung ist häufig, sie besteht nicht aus einem eigentlichen Wirtel, weil ein Stamm, Primär- und Secundäräste sich nicht unterscheiden lassen. Dieser Conidienstand bildet sich etwa auf folgende Weise aus: eine intercalare oder eine endständige Conidie dient als Ansatzpunkt diversen anderen, verschieden gestalteten, ihrerseits wieder in einzelne Theilstücke zerfallenden fingerartig abstehenden Conidien.

Das Hauptinteresse nehmen die Trauben und Pseudotrauben in Anspruch (Fig. 53—55 und 57, 58). Der Träger des Standes ist ein meist mit Plasma erfüllter, durch Querwände getheilter oder querwandloser, oft seiner ganzen Länge nach unregelmässig verdickter Faden. Man könnte ihn hier wie in anderen ähnlichen Fällen passenderweise eine Conidienhyphe nennen. Senkrecht zu ihm oder etwas geneigt entspringen in gleichen oder verschiedenen Abständen Conidien mannigfaltiger Form und Grösse (Fig. 53, 58). Folgende Anordnungen sind besonders bemerkenswerth. Eine Conidienhyphe, an welcher seitlich in traubiger Stellung ein Conidieoogonium ausreifte, und deren übriger Theil zu Dauerconidien wurde, kann ohne jede Querwand verbleiben. Querwände können aber andererseits auftreten auch bei undeutlicher Traubenbildung. Das Vorhandensein von Querwänden oder deren Ausbleiben ist von einer ebenso principiellen Bedeutung wie der Uebergang von der Abschnürung der Conidien zu ihrer Ausbildung in Fäden. Hatten wir Gelegenheit den Vergleich zu ziehen zwischen der Abschnürung und dem Auftreten von Querwänden, wobei dem letzteren eine höhere morphologische Stellung angewiesen wurde, so erscheint hier das Verschwinden der Querwände als ein Merkmal der weiteren Vervollkommnung des Standes. In je primitiverer Ausbildung als Traube ein Conidienstand uns erscheint, desto mehr Querwände besitzt seine Conidienhyphe und desto verschiedener ist die Gestalt seiner Conidien

(Fig. 53—55); hier liegt der Anknüpfungspunkt an die anderen Arten der Stände. Je mehr der Stand der Traube den gewöhnlichen Oogonien sich nähert, desto weniger Querwände weist er auf und desto weniger Plasma besitzt seine Traghyphe (Fig. 58 und zum Theil auch Fig. 57). Die Conidienhyphe wird dann zu einer gewöhnlichen parallelwandigen Hyphe, wie dies an der Dauerconidien tragenden der Fig. 58 zu sehen ist. Von Stufe zu Stufe nähert sich ein solcher Stand dem gewöhnlichen Stande der Oogonien (Fig. 52). — Die Conidien verwandeln sich massenhaft zu Sporangien. Conidien jeden Standes, von der einfachen Kette bis zur Traube (Fig. 57), und jeder Form können zu Sporangien werden. Auch als Durchwachsung treten solche Conidien auf. Die Trauben können ausschliesslich Conidiesporangien, oder diesen beigemischt auch Conidieoogonien tragen.

Die Conidieoogonien sind wie bei anderen Arten so auch hier an ein bestimmteres Auftreten gebunden. Sie stehen endständig an irgend einer Art von Conidienstand, oder seitlich endständig und dann meist deutlich in Trauben (Fig. 54, 55). Die Conidieoogonien stimmen nicht nur in ihrer Form, Grösse, theilweise auch in ihrer Anordnung mit den gewöhnlichen Oogonien überein, sondern auch in structureller Beziehung. Sie besitzen eine gleich dicke Membran, die gleiche Anzahl von Tüpfeln u. s. f. Nur die Zahl der Oosporen im gleichen Oogonium ist hier vielleicht etwas kleiner als bei gewöhnlichen Oogonien. Die Keimungszeit ist weder für die Oosporen der einen noch für diejenigen der anderen Oogonien bekannt.

Die Uebereinstimmung der primären mit den abgeleiteten Fructificationsorganen, die in den bisher behandelten Arten auf Ketten sich bezog, ist bei *S. bodanica* spec. nov. in den Trauben und traubenähnlichen Ständen zu suchen. Die Anfänge der Conidientraube sind oft nur undeutlich zu erkennen. Bald erreicht dieser Stand eine so grosse Bestimmtheit, dass er mit dem gleichen Stande der gewöhnlichen Oogonien fast identisch wird.

Die Species ist ein Mittelglied zwischen *S. Thureti* und *S. torulosa*. Die Unterschiede, welche auch im Durchmesser der Oogonien und Oosporen bestehen, brauchen hier nicht besonders aufgeführt zu werden.

Saprolegnia spec. IV (Taf. II, Fig. 60—65).

Von den in ihrer Entwickelung nicht vollständig bekannten Saprolegnieen wurden Spec. I—III schon erwähnt und mit hinreichender Begründung den Formen heterogener Anordnung der Fructificationsorgane zugezählt. Da Spec. IV weder der einen noch der anderen Gruppe sich anreihen lässt, wird sie hier am Schlusse behandelt. Sie konnte nicht unerwähnt bleiben, da sie wichtige Aufschlüsse giebt über die Anfangsbildungen der Durchwachsung.

Der Pilz wurde im October 1894 aus einer Probe vom Züricher See (Enge in Zürich bei der Badeanstalt), in welcher Algen und sandiger Thon sich befanden, isolirt. Anfangs zeigte er eine normale Entwickelung. Bald nach der Isolirung beschränkte er sich auf Ausbildung von Conidien. Seit dieser Zeit tauchten Oogonien auch nach sechsmonatlicher Kultur nicht auf.

Der kräftige Rasen erreichte eine Länge von $1^1/_2$ cm. Die Hyphen zeigen Verzweigungen unbestimmter Art.

Die Sporangien mit den gewöhnlichen Durchwachsungen der Gattung kamen massenhaft zur Ausbildung.

Der Stand der Oogonien ist in Folge des baldigen Verschwindens derselben unbekannt geblieben. Die vereinzelt zur Beobachtung gelangten Oogonien waren endständig an Haupt- und Nebenhyphen. Die Oogonien sind rund und besitzen keine Zipfel. Sie weisen eine mässig dicke mit schwach vortretenden Tüpfeln ausgestattete Membran auf. Ihr Durchmesser beträgt 67,5—113 μ. — Die Oosporen, welche in der Zahl fünf bis über 30 in einem Oogonium sich befinden, besitzen eine dünne Membran; der Durchmesser beträgt 22,5—29 μ. — Antheridien wurden nicht beobachtet.

Die Sporangiumanlage der *Saprolegnia* spec. IV.

Die winzig kleinen bis sehr grossen Conidien zeigen allerverschiedenste Formen (vergl. die Figuren 60 und 61, Taf. II). Manche Formen erinnern lebhaft an die Conidien der *S. heterandra*. Die wechselnde Grösse der hier vorkommenden Conidien

veranschaulicht am besten der Vergleich der Fig. 65 mit Fig. 64; Fig. 64 gezeichnet bei 280/1, Fig. 65 bei 110/1.

Der Stand ist ebenso mannigfaltig wie die Form. Neben abgeschnürten höchst regelmässigen Conidienketten (Fig. 60, 63) kommen die sympodialen und gabeligen Stände häufig zur Entwickelung (Fig. 62, 65). Die complicirten Stände besitzen eine Eigenthümlichkeit, die schon bei *S. heterandra* erwähnt wurde. Der Tragfaden des Conidienstandes läuft in eine dünne Spitze von fädiger Beschaffenheit zu (Fig. 61) [die Spitze nicht gezeichnet], welche denjenigen der Fig. 27 und 12, 17, Taf. I ähnlich aussieht. Wie bei *S. esocina* und *S. heterandra* ist man auch hier im Zweifel, mit welchem Namen man diese Bildungen belegen soll; man dürfte sie wie dort wirtelähnlich nennen. Auch hier kann ein Abschnitt der Conidiehyphe und die ihr entspringenden Zweigbildungen, ohne dass eine Querwand auftrete, als ein Ganzes in ein Sporangium sich umwandeln. In Fig. 61 ist der Abschnit *a* mit den Zweigen *b*, *c*, *d* ein einziges, hier entleertes Conidiesporangium. An den Enden der Seitenzweige sind hier kurze Entleerungshälse zu bemerken. Ganz ähnlich verhielt sich der grosse Conidienstand in Taf. I, Fig. 27.

Einen wichtigen Aufschluss über die Natur der Sporangiumanlage als eines ursprünglichen Sporangiums liefern die zahlreichen oft den Conidien einer ganzen Kette zukommenden Zipfel (Fig. 62, 63). Die Conidien bildeten sich hier in entleerten Sporangienhäuten aus. Der Zipfel der obersten Conidie in Fig. 63, hier zu einem dünnen Faden ausgewachsen, ist in seiner Form und seinem Inhalt ähnlich demjenigen des Anfangsstadiums eines gewöhnlichen Sporangiums (vergl. auch Fig. 65 links). Da nun auch die gewöhnlichen Sporangien bei der S. spec. IV sehr häufig ganz gleiche Durchwachsungen zeigen, so dürften bei dieser Species alle Uebergangsstufen des unter den Conidien so verbreiteten „Zipfels“ zum gewöhnlichen Sporangium sich vorfinden.

Einzelne Conidieoogonien, die in Conidieketten standen, kamen zur Beobachtung. Ueber die Verwandtschaft zu anderen Saprolegnieen kann nichts Sicheres ausgesagt werden.

Allgemeiner Theil.

I. Geschichtliches und Kritik. Verwandtschaft mit den niederen und höheren Pilzen.

II. Es ist unentschieden, ob die Sporangiumanlage ein ursprüngliches Sporangium ist, dem kein einfacheres mehr zu Grunde lag.

III. Die Sporangiumanlage ist das Sporangium, aus dem die „abgeleiteten" Fructificationsorgane der Gattung entstanden. Die heterogene Anordnung ist die ältere Stufe in der Entwickelung.

IV. Die Sporangiumanlagen sind nicht reducirte Oogonien.

V. Das Princip der Artbildung bei Saprolegnieen. Welche morphologischen Eigenschaften eignen sich zu Speciesmerkmalen der Saprolegnieen.

I. Schon die ältesten Beobachter der Oomyceten, um nur Nees v. Esenbeck und Unger zu erwähnen, stellten die Saprolegnieen in eine nahe Verwandtschaft zu den Algen. Es ist hier nicht der Ort einen Excurs über die einschlägige Literatur zu liefern, wie anziehend das Thema auch wäre. Einige besonders markanten oder für die Folge wichtigen Ansichten können jedoch nicht unerwähnt bleiben. Die späteren Beobachtungen, bis auf den heutigen Stand der Kenntnisse — von den Pringsheim'schen befruchtenden Körperchen, Spermamöben, und der nachfolgenden Controverse mit Cornu 1872, de Bary und Zopf 1883 und dem de Bary'schen Anknüpfen der Oogonien der Oomyceten an Fruchtformen der höheren Pilze —, zeigen, wie die Oomyceten und unter ihnen im Speciellen die Saprolegnieen alle Unbill wechselnder Meinungen ertragen mussten. Hätte die weitere Forschung den Weg der älteren Beobachter fortgesetzt, so wären auch die Sporangiumanlagen der Gattung *Saprolegnia* viel früher erkannt worden. Bedauerlicher Weise schlug das weitere Studium diese Richtung nicht ein, und man war geneigt, die Frage nach dem phylogenetischen Anschluss an die Algen ebenso wie an die höheren Pilze als abgeschlossen zu betrachten.

Zwar findet sich in de Bary's Pilzsystem die bis jetzt geltende Ansicht von der Verwandtschaft der Saprolegnieen mit den Algen auch vertreten, allein der von ihm aufgestellte Anschluss an höhere Pilze musste zur Missachtung eben dieser Verwandtschaft führen. De Bary fragte sich, ob die Gesammtentwickelung der Peronosporeen und Saprolegnieen in ihren Lebensabschnitten mit denjenigen der „anderen Thallophyten" so grosse Uebereinstimmung zeigt, um sie an dieselben anzuschliessen [1]). Seine Ansicht ging dahin, dass im Einzelnen grosse Verschiedenheit herrscht, doch sei der Anschluss an *Vaucheria, Coleochaete, Monoblepharis, Mycoidea* durch den Bau des Thallus gegeben, denn der Chlorophyllmangel stehe der morphologischen Annäherung nicht im Wege. Er behandelt die Unterschiede zwischen *Pythium* und *Vaucheria,* die er auf die auch jetzt betonte terrestrische Anpassung zurückführt und spricht für den Anschluss der Saprolegnieen, Chytridiaceen an die Peronosporeen. Im Weiteren werden aber die drei genannten Gruppen den „einfacheren Erysipheen", die er in der Gattung *Podosphaera* zusammenfasst, als nahe stehend bezeichnet. Es wird dabei insbesondere auf Peronosporeen hingewiesen; bei beiden — nämlich bei diesen und den Erysipheen — bildet der Thallus auf besonderen Tragzweigen ungeschlechtliche Propagationsorgane, Zoosporangien bei den wasserbewohnenden Formen, Conidien bei den nicht wasserbewohnenden Formen [2]). Die Conidienbildung der Erysipheen sei der von *Cystopus* ähnlich. Von den angeblichen Geschlechtsorganen der Erysipheen meint de Bary: „Der Unterschied besteht hiernach darin, dass sich in der Eizelle nicht wie im Oogon von *Pythium* ein zu befruchtendes Ei differenzirt, dass vielmehr die eventuelle Befruchtung empfangen wird von der sehr kleinen, nicht differenzirten Eizelle und diese dann wächst und zwei successive Theilungen erfährt, deren Endproduct die Bildung der acht Sporen ist." Bei Behandlung seiner Eintheilungsprincipien macht er auf „Homologien von Organen" aufmerksam, die vorstellbar seien, „als entstanden aus der Umänderung eines Gliedes der gleichen vorelterlichen Stammform".

---

1) Abhandl. d. Senckenb. Gesellsch., Bd. XII, p. 109 ff.

2) l. c., p. 109—112.

„Nach diesem Maassstabe" — führt de Bary aus — „sind die Sexualorgane der antheridientragenden Saprolegnieen denen der Peronosporeen jedenfalls homolog, obgleich ihre sexuellen Leistungen zweifelhaft sind" u. s. f. „Nach demselben Maassstabe stellt sich auch nach der obigen Vergleichung die Homologie heraus zwischen dem Oogon (Eizelle) und Antheridien der Peronosporeen und den gleichnamigen Theilen der Podosphaeren, ebenso wie für die übrigen gleichnamigen Theile beider Gruppen, die Conidien u. s. w. der oben vermiedene Ausdruck homolog hier hinzugefügt sein möge" p. 112 ff. Wenn auch de Bary vorsichtig hinzufügt, dass bei *Podosphaera* die „sexuelle Function der fraglichen Organe unerwiesen ist", so war trotzdem, wie er es andererseits ausdrücklich betont, die Verbindung zwischen dem Oogonium und dem Ascus geschaffen: die grosse Ascomycetenreihe schliesse sich durch Vermittelung der Erysipheen an die Peronosporeen und Saprolegnieen an und diese durch Vermittelung der *Mycoidea* an die genannten Algen.

Die leider unvollendete spätere Arbeit de Bary's[1]), welche trotz der ihr anhaftenden Mängel die Grundlage für die Eintheilung der Gattungen bildet, enthält gar keine Angaben, die hier zu beachten wären.

Die Saprolegnieenliteratur ist relativ sehr reich, sie umfasst mehr als 250 unter den verschiedensten Gesichtspunkten verfasste Schriften. Eine stattliche Anzahl im Vergleich zu derjenigen gut bekannter Arten: 36 vertheilt auf zehn Gattungen. In keiner dieser Schriften wird der Sporangiumanlage irgend welche Beachtung geschenkt. Sogar dort, wo sie sicher wohlausgebildet vorlag, bei *S. torulosa* de Bary, *Achlya Braunii* Reinsch, hinderte wohl die einmal aufgestellte „Homologie" des Ascus mit dem Oogonium eine klare Erkenntniss[2]). Noch in jüngster Zeit hatte Zopf[3]) diese Ansichten an der Hand der Antheridienhüllen des Oogoniums seines *Dictyuchus carpophorus* n. spec. und

1) Botan. Zeitung, 1888.

2) Einige beiläufige Bemerkungen über anormale Bildungen in de Bary's Aufsatze: Botan. Zeitung, 1883, lassen die Vermuthung aufkommen, dass ihm Sporangiumanlagen auch bei anderen Saprolegnieen vorlagen.

3) Ueber eine Saprolegniacee mit Erysipheen ähnlicher Fruchtbildung. Beitr. z. Physiol. u. Morphol. niederer Organismen, Heft III, p. 53 ff.

mit den alten Gründen de Bary's zu retten gesucht. Nach Zopf sind diese „Hüllbildungen der *Dictyuchus*- und der *Podosphaera*-Frucht analoge Organe". Die Hülläste der letzteren müssen aufgefasst werden „als den Antheridien der Saprolegnieen und Peronosporeen morphologisch analoge Bildungen". Zopf beruft sich schliesslich direct auf de Bary und die meisten seiner Schüler. Es ist nun bekannt, dass de Bary diesen Analogieen einen noch weiteren Spielraum liess, indem er *Achlya prolifera* mit ihren Oogonien umwindenden Antheridien als das Verbindungsglied darstellte zwischen den Fruchthüllen besitzenden *Mortierella*- und *Absidia*- und den hüllenlosen *Mucor*-Formen [1]).

Es kamen dann die Untersuchungen Brefeld's, welche den Anstoss gaben zu einer richtigeren Formulirung der hier zu stellenden Probleme. So sagt v. Tavel [2]), dass die „Fruchtformen der Algen aus ungeschlechtlichen Sporangien sich fortentwickelt haben". „Darum sind die Oogonien und Antheridien nichts wie geschlechtlich gewordene Sporangien" und daraus findet das Fortbestehen der ungeschlechtlichen Sporangien bei den Algen ihre natürliche Erklärung. Diese Erkenntniss wird von ihm auf die Phycomyceten übertragen, für diese „gelten bezüglich ihrer Fortpflanzungsorgane die an den Algen abgeleiteten Sätze ohne Weiteres".

Die neuen Arten, ausgestattet mit den an *Saprolegnia rhaetica* entdeckten Conidien, und die *S. Thureti* stehen so nahe den schon lange bekannten Formen und zeigen dadurch eine so gleichmässige Vertheilung der Sporangiumanlage über die ganze Gattung, dass kein Grund vorliegt, für die übrigen Arten die Möglichkeit des Vorkommens der Conidien für alle Zeiten auszuschliessen. Jetzt erst kann die Sporangiumanlage und ihr Verhältniss zu den Fructificationsorganen der Oomyceten eine nähere Betrachtung finden.

In meiner citirten Arbeit stellte ich alle früheren Angaben über das Fortbestehen der Conidien neben den gewöhnlichen Fructificationen der Saprolegnieen zusammen und erwähnte auch

1) Abhandl. d. Senckenb. Gesellsch., Bd. XII, p. 112.

2) v. Tavel: Vergl. Morphologie der Pilze, Jena 1892, Einleitung und p. 186, 187.

das Vorkommen verwandter Bildungen bei den Peronosporeen[1]). Das dort Gesagte braucht nicht wiederholt zu werden. Sieht man ferner von den Entomophthoreen ab, dem muthmasslichen Verbindungsgliede der Oomyceten und Zygomyceten, lässt als zu weit führend die Gattung *Monoblepharis* bei Seite, so bleibt eine ganze Reihe niederer Oomyceten für die Betrachtung übrig. Bei diesen Pilzen bestehen nebeneinander die ungeschlechtlichen und geschlechtlichen Sporangien in einer höchst einfachen Form und ausserordentlicher Aehnlichkeit. Hier sind unter den Ancylisteen in der Gattung *Myzocytium* die Sporangien, Oogonien und Antheridien vollständig gleich gestaltet; und in der Gattung *Lagenidium* zerfällt der einzige Schlauch, der oft zeitlebens als solcher erkennbar ist und den ganzen Pilz bildet, in Abschnitte, welche zu Sporangien, Oogonien und Antheridien sich ausbilden. Die Gattung *Ancylistes* scheint eine höhere Stufe einzunehmen, indem bei ihr die Geschlechtsorgane diöcisch sind. Unter den zum Theil geschlechtslosen Rhizidiaceen findet sich *Polyphagus*, dessen ganzer Vegetationskörper zu einem Sporangium wird oder als Geschlechtsorgan mit einem anderen eben solchen copulirt. Es ist ferner bei *Olpidiopsis* eine einzige Grundmasse, welche geschlechtliche und ungeschlechtliche Sporangien erzeugt. (Ein radicaler Unterschied dieser Pilze mit den Saprolegnieen besteht im plasmodialen Jugendstadium vieler derselben.) Aus einem unförmlichen Schlauch oder aus einer und derselben Grundmasse entstehen also die beiden Fructificationsformen der niederen Oomyceten. Diese Organe sind fast immer ohne bestimmte Regel vertheilt, sie besitzen am Anfange ihrer Ausbildung keine sie von einander unterscheidenden Structur- oder Grössenmerkmale. Nur in ihrer Functionsweise und im Zustande des Ausreifens nach erfolgter Befruchtung sind die geschlechtlichen Sporangien von den ungeschlechtlichen zu unterscheiden.

Bietet die ganze Erscheinungsweise der beiden Fruchtformen, ferner die Existenz von zweifellos ungeschlechtlichen niederen Oomyceten nicht einen Anhaltspunkt zur Beurtheilung des Auftretens der Geschlechtlichkeit? Beachtet man hierbei die Umwandlungsfähigkeit und die Unbestimmtheit der Form der Spo-

1) l. c., p. 43 des S.-A.

rangiumanlage, so lässt sich aus diesen Daten unschwer der Schluss ziehen, dass die Geschlechtlichkeit der Oomyceten wahrscheinlich von fertigen Sporangien oder „Sporangiumanlagen" und nicht von copulirenden Zoosporen ausging[1]).

Die genannten Fructificationsorgane wurden bis jetzt keiner zusammenfassenden Betrachtung unterzogen. Ich glaubte dieselbe der Behandlung der Sporangiumanlage beifügen zu müssen, unbekümmert darum, ob daraus Gründe sich herleiten lassen, welche für das wohl mögliche Entstehen der Pilze als einer selbstständigen Pflanzenklasse sprechen. Bekanntlich hatte Nägeli in seinem genialen Werke über die Abstammungslehre die Möglichkeit eines solchen Ursprungs theoretisch einwandsfrei erörtert[2]).

Suchen wir nach Behandlung der wahrscheinlichen Verwandtschaft der Fruchtformen der Gattung *Saprolegnia* mit den niederen Oomyceten nach einer solchen mit den höheren Pilzen, so muss gesagt werden, dass die Sporangiumanlage hier eine nur geringe Analogie findet. Es wäre denn, dass man den von Brefeld festgestellten phylogenetischen Uebergang einer Fruchtform in eine andere bei höheren Pilzen der ontogenetisch verlaufenden Umwandlung der Sporangiumanlage an die Seite stellen wollte. Bei jenen Umwandlungen wäre hauptsächlich die Reduction des Sporangiums der höheren Pilze zur Conidie in's Auge zu fassen. Nichts Derartiges ist in der Gattung *Saprolegnia* zu bemerken. Die Umwandlungsproducte der Sporangiumanlage sind einander unähnlich. Eine gewisse Bestimmtheit der ungeschlechtlichen und die scharfe Bestimmtheit der geschlechtlichen Sporangien ist das gerade Gegentheil der vollkommenen Unbestimmtheit der Sporangiumanlage, aus der sie entstanden sind. Eine Reduction liegt hier nicht vor. Allein die Conidie als Spore *(Thamnidium, Chaetocladium)*, die nicht endogen entsteht, sondern auch bei der Keimung mit der Membran verbunden bleibt, hat auf dieser Stufe ihr Ebenbild in der Dauerconidie, möge die letztere in ihren übrigen Eigenschaften von jener noch

1) Der einzige nicht sicher beobachtete Fall einer solchen Copulation vergl.: Fisch, Beitr. z. Kenntniss d. Chytridiaceen. Erlangen 1884. Vergl. die Kritik in Fischer's Phycomycetes, Leipzig 1892, p. 23—24 u. 28.

2) Mechan.-physiol. Theorie der Abstammungslehre, 1884, p. 84.

so verschieden sein. Diese ziemlich beschränkte Aehnlichkeit betrifft nur die Dauerconidie und nicht die Sporangiumanlage im Allgemeinen. — Ein viel höher stehender Pilz, *Ascoidea rubescens* Bref., zeigt in seinen Sporangien eine Eigenschaft des Conidiesporangiums und des Sporangiums der Saprolegnieen, nämlich die Durchwachsung, worauf der Vollständigkeit halber hier hingewiesen wird. Aus dem Gesagten geht aber hervor, dass von einem directen Anschluss der Oomyceten und im Besonderen der Gattung *Saprolegnia* an höhere Pilze, wie ihn de Bary und „die meisten seiner Schüler“ annahmen, vorläufig nicht die Rede sein kann.

II. Es stellt sich nun die Frage, ob die Sporangiumanlage solch' ein ursprüngliches Sporangium ist, dem kein einfacheres mehr zu Grunde lag. Es wäre verlorene Mühe, dies mit aller Bestimmtheit entscheiden zu wollen. Vor Allem muss hier natürlich der Dauerzustand der Sporangiumanlage auf gemeinsame Eigenschaften mit den vegetativen Theilen des Pilzes geprüft werden. Diese gemeinsamen Eigenschaften sprechen zu Gunsten der Auffassung, dass die Sporangiumanlage eine einfache, von anderen Fruchtformen nicht ableitbare Fruchtform ist. In der Nähe eines festen Nährsubstrates keimen beide (übrigens in Allem ganz gleich wie die Zoosporen) ein beliebiges Hyphenstück wie die Dauerconidie vegetativ aus, um dasselbe zu erreichen. In Nährlösungen bilden beide, ebenso wie die Zoosporen am Ende der feinen Keimfäden, Conidien und Sporangien (oft mit Durchwachsungen). Vielleicht weist diese gemeinsame Eigenschaft auf einen niederen Entwickelungszustand hin, in welchem die Dauerconidie mit einem beliebigen Hyphenabschnitt identificirt werden könnte. Dies setzt voraus, dass Pilze existiren oder existiren mussten, die Anfangs nur Dauerconidien oder, um Verwechselungen zu vermeiden, sagen wir ein „Ursporangium“ besassen, dem nicht einmal eine fructicative, sondern bloss eine vegetative Keimung eigen war.

Haben sich die Sporangien im Allgemeinen, wie angenommen wird, aus einem gemeinsamen ungeschlechtlichen Sporangium fortentwickelt, so dürfte die Möglichkeit der Existenz einer solchen Dauerconidie nicht ausgeschlossen sein. Welche

Consequenzen sich aus dieser Annahme eventuell ergeben, wurde in anderem Zusammenhange schon unter I angedeutet. Im Uebrigen ist die Frage, die wir uns Eingangs stellten, bei der Schwierigkeit einer phylogenetischen Werthung der Fruchtformen nicht zu entscheiden.

III. Es gilt hier zu untersuchen, ob die Sporangiumanlage dasjenige Sporangium ist, von dem die bisher bekannten „abgeleiteten“ Fructificationsorgane wirklich direct ableitbar sind. Es stellen sich da nur wenige der Bedenken entgegen, die unter II namhaft gemacht wurden. Die Gründe für die directe Abstammung der abgeleiteten Fructificationsorgane wurden im speciellen Theil, namentlich bei Behandlung der Formen isogener Anordnung angeführt.

Die Unterschiede in der Grösse wurden unter Hinweis auf einige Messungen hervorgehoben: Conidien von doppeltem Durchmesser der Zoosporen, neben denen Riesenconidien nicht selten sind, welche bei ca. 300facher Vergrösserung fast das ganze Gesichtsfeld des Mikroskopes verdecken.

Nach der ausführlichen Behandlung der Form der einzelnen Conidie im speciellen Theil können wir uns hier gleichfalls kurz fassen.

Einen weiteren Beweis für den primitiven Charakter der Sporangiumanlage liefert die mannigfaltige, aber gleichzeitig von Fall zu Fall vielen Arten gemeinsame Anordnung der Conidien und eine Anzahl anderer zwar gemeinsamer, jedoch nicht so wichtiger Eigenschaften, die passender Weise hier zusammen behandelt werden.

Viel besser als die mit vielen Einzelheiten beladene Beschreibung im speciellen Theil, wird die Tabelle eine Uebersicht der Formen gestatten. Die in einer Kette abgeschnürten Conidien kommen bei allen behandelten Formen vor. Die Kette muss als die einfachste Form des Standes, auch aus theoretischen Gründen angesehen werden. Sie geht, wie sich dies mit Leichtigkeit unter Zuhilfenahme der Figuren ergiebt, mehr und mehr in Fadenbildung über. Mit dem Auftreten des Conidienstandes in Faden- und Querwandbildung sind dann die verschiedenen vom

Conidienstand	Heterogene Anordnung				Isogene Anordnung					
	Saprolegnia spec. I—III	*S. esocina*	*S. heterandra*	*S. rhaetica*	*S. Thureti*	*S. intermedia*	*S. monilifera*	*S. torulosa*	*S. bodanica*	*S.* spec. IV
Kette von abgeschnürten Conidien bis zur Conidienbildung durch Querwände in einem geraden Faden	unbekannt, die Abschnürung kommt aber vor	Taf. I, Fig. 5, 8, 10, 15, 17	Taf. I, Fig. 22	Flora, l. c., Taf. III, Fig. 4, 6, 9, 10, 11; Taf. IV, Fig. 2.	Taf. I, Fig. 32, 35, 36	Taf. II, Fig. 44, 44 a, Fig. 46—49	de Bary, l. c., Taf. IX, Fig. 6	de Bary, l. c., Taf. VI, Fig. 15—17	vorhanden	Taf. II, Fig. 60; Fig. 63 schon fadenartig
Einfaches Sympodium und unregelmässige Formen desselben	nur ganz zusammengesetzte, unregelmässige Formen	Taf. I, Fig. 6, 7, 12	Taf. I, Fig. 25	einfache bekannt Taf. III, Fig. 16; sehr unregelmässige vorhanden	Taf. I, Fig. 28—30, 31; Anfang der Gabelung Fig. 33.	Taf. II, Fig. 37 und weniger gut Fig. 42 u. 45	vorhanden	unbekannt	vorhanden	Taf. II, Fig. 62; zusammengesetzter Fig. 65
Wickel, Schraubel und Gabelbildungen; einfach oder zusammengesetzt bis zur Dichotomie	Taf. I, Fig. 3 *a*—*b*	vorhanden	wahrscheinlich Taf. I, Fig. 12 und Fig. 24, 26	Taf. III, Fig. 8, 13, 15; zusammengesetzter Stand Taf. III, Fig. 16	vielleicht Fig. 33; Gabelbildung Fig. 34	undeutlich Taf. II, Fig. 42, 45	vorhanden	unbekannt	vorhanden	vorhanden
Complicirte Stände, den vorigen verwandt, u. schwer einzuordnende Wirtel	unbekannt; unbestimmte Stände	Taf. I, Fig. 11, ferner 13, 15	Taf. I, Fig. 24; Wirtel Fig. 23, 27	Taf. IV, Fig. 1, 4	unbekannt	nicht vorhanden	unbekannt	unbekannt	vielleicht nur als unsymmetrischer Traubenstand Taf. II, Fig. 57	Taf. II, Fig. 61 und weniger gut Fig. 65
Hohle Zapfen und solide Zipfel in Conidien, bis zur Bildung unvollkommener Durchwachsung	unbekannt	Taf. I, Fig. 16, 17	vorhanden; Fig. 22	Taf. III, Fig. 11, 13, 14; Taf. IV, Fig. 3	vorhanden	vorhanden	unbekannt	unbekannt	vorhanden Taf. II, Fig. 59 a	Taf. II, Fig. 62, 63
Hohle Zapfen und solide Zipfel in gewöhnlichen Oogonien	unbekannt	vorhanden	vorhanden	Taf. III, Fig. 11, 13, 14	vorhanden	vorhanden	unbekannt	unbekannt	vorhanden	unbekannt
Die Conidien verbindenden Häute	unbekannt	nicht vorhanden	nicht vorhanden	Taf. III, Fig. 3, 4	vorhanden	nicht vorhanden	unbekannt	unbekannt	vorhanden	unbekannt

Sympodium und von einfachen dichotomischen Verzweigungen ableitbaren Stände gegeben. Auch diese Stände sind bei allen Arten vorhanden. Eine höchst unregelmässige complicirtere Zusammensetzung erhielten sie als undeutliche Wirtel etc. bei den Arten heterogener Anordnung und der S. spec. IV. Es ist unnöthig darauf zurückzukommen wie die einzelnen Stände von einfacheren sich ableiten, und welche Uebergänge zwischen ihnen sich feststellen lassen. Auf die wahrscheinlichen Uebergangsstufen wurde im speciellen Theil aufmerksam gemacht. Unter Hinweis auf das dort Gesagte und auf die Tabelle sind hier folgende Punkte in der Vervollkommnung der Sporangiumanlage zu unterscheiden.

1. Die phylogenetische Aufeinanderfolge der Stände. Sie fangen mit regellosen an und gelangen zu Ständen, die denen der gewöhnlichen Oogonien gleich sind. Es ist der Gang vom Complicirten und Regellosen zum Bestimmten.

2. Ausbildung des einzelnen Standes z. B. der abgeschnürten Kette zur fadenartigen, des Sympodiums zur Dichotomie u. a. m. Sie kann stattfinden innerhalb der einen und derselben Art, oder auf verschiedene Arten vertheilt sein. Dies ist eine Entwickelung vom Einfachen und Bestimmten zum Zusammengesetzten bis Regellosen.

3. Die Conidieoogonien finden sich anfangs in allen diesen Ständen vor und erlangen die schliessliche bekannte Anordnung der gewöhnlichen Oogonien.

Die hier zum Ausdruck gelangende Mannigfaltigkeit der Conidienbildungen erschwert vielfach die Einsicht in die vorausgegangenen Vorgänge. Nägeli spricht in einer allgemeinen Auseinandersetzung über ähnliche Entwickelungsstufen sich in folgender Weise aus: „ . . . . . Die quantitative Verschiedenheit, welche in einer Menge von Abstufungen besteht, ist unvollkommener als der Zustand, in welchem nach Unterdrückung aller Uebergänge bloss die wenigen ausgeprägten Bildungen übrig bleiben und unvermittelt nebeneinander liegen.“ [1]) Die Sporangiumanlage ist ein primitiver Zustand der Fructification, und darin findet die Mannigfaltigkeit ihrer Gestaltung eine Erklärung. Sie entwickelte

---

1) l. c., p. 519—520.

die ungeschlechtlichen und geschlechtlichen Sporangien, ging aber nicht unter, sondern war bei Ausbildung der letzteren gegenwärtig, sie überdauerte sogar die Ausbildung und Vervollkommnung der Sexualorgane und begleitet den Niedergang der Sexualität, als die Oogonien und Antheridien schon functionslos geworden sind, vielleicht annähernd in gleicher Form wie sie die Sporangiumanlage besass, aus der die abgeleiteten Fructificationsformen der Gattung eben hervorgingen.

Aber gleichzeitig müssen wir noch eine andere wichtige Thatsache feststellen. Bei der hohen Ausbildung der Oogonien, Oosporen und Antheridien, der Beschaffenheit ihrer Membranen, constanter Form, Grösse und Anordnung und constanter Keimungszeit der Oosporen, bei gänzlichem Ausbleiben des Befruchtungsactes, und bei der gleichzeitig hervortretenden geringen Bestimmtheit und Selbstständigkeit der ungeschlechtlichen Sporangien ist keine andere Annahme möglich, als dass die Saprolegnieen eine regressive Gruppe der Pilze darstellen.

Wir haben also hier den Niedergang der Sexualität vor uns auf einer Entwickelungsstufe der Pilze, welche noch keine Bestimmtheit der bei den höheren Pilzen allein vorhandenen ungeschlechtlichen Fructification zuliess. Es ist etwas höchst Beachtenswerthes diese hohe Organisationsstufe der sexuellen und niedrige Stufe der asexuellen Sporangien, als gemeinsame Eigenschaft der primären und abgeleiteten Form, in der sie auftreten. Es wäre nicht unmöglich, dass Pilze sich vorfänden, welche einer Entwickelungsstufe zugetheilt werden müssten, auf der — analog dem primitiven Zustande der ungeschlechtlichen Sporangien, sowohl der primären als der abgeleiteten — die geschlechtlichen Sporangien ihrerseits einem primitiven, aber entwickelungs- und umbildungsfähigem Zustande angehören. Vielleicht stehen auf dieser Entwickelungsstufe die schon erwähnten Gattungen *Lagenidium, Ancylistes, Rhizophidium* u. a. m., welche oft im gleichen Faden oder aus der gleichen Grundmasse Sporangien, Oogonien und Antheridien entwickeln. Ob diese im Ganzen wenig bekannten niederen Oomyceten durch Mittelformen ausgesprochener Geschlechtlichkeit mit den Saprolegnieen in Zusammenhang zu bringen sind, muss freilich dahingestellt bleiben. Für die Beurtheilung der Bedeutung der Sporangiumanlage der Sa-

Sympodium und von einfachen dichotomischen Verzweigungen ableitbaren Stände gegeben. Auch diese Stände sind bei allen Arten vorhanden. Eine höchst unregelmässige complicirtere Zusammensetzung erhielten sie als undeutliche Wirtel etc. bei den Arten heterogener Anordnung und der S. spec. IV. Es ist unnöthig darauf zurückzukommen wie die einzelnen Stände von einfacheren sich ableiten, und welche Uebergänge zwischen ihnen sich feststellen lassen. Auf die wahrscheinlichen Uebergangsstufen wurde im speciellen Theil aufmerksam gemacht. Unter Hinweis auf das dort Gesagte und auf die Tabelle sind hier folgende Punkte in der Vervollkommnung der Sporangiumanlage zu unterscheiden.

1. Die phylogenetische Aufeinanderfolge der Stände. Sie fangen mit regellosen an und gelangen zu Ständen, die denen der gewöhnlichen Oogonien gleich sind. Es ist der Gang vom Complicirten und Regellosen zum Bestimmten.

2. Ausbildung des einzelnen Standes z. B. der abgeschnürten Kette zur fadenartigen, des Sympodiums zur Dichotomie u. a. m. Sie kann stattfinden innerhalb der einen und derselben Art, oder auf verschiedene Arten vertheilt sein. Dies ist eine Entwickelung vom Einfachen und Bestimmten zum Zusammengesetzten bis Regellosen.

3. Die Conidieoogonien finden sich anfangs in allen diesen Ständen vor und erlangen die schliessliche bekannte Anordnung der gewöhnlichen Oogonien.

Die hier zum Ausdruck gelangende Mannigfaltigkeit der Conidienbildungen erschwert vielfach die Einsicht in die vorausgegangenen Vorgänge. Nägeli spricht in einer allgemeinen Auseinandersetzung über ähnliche Entwickelungsstufen sich in folgender Weise aus: „ . . . . . Die quantitative Verschiedenheit, welche in einer Menge von Abstufungen besteht, ist unvollkommener als der Zustand, in welchem nach Unterdrückung aller Uebergänge bloss die wenigen ausgeprägten Bildungen übrig bleiben und unvermittelt nebeneinander liegen.“ [1]) Die Sporangiumanlage ist ein primitiver Zustand der Fructification, und darin findet die Mannigfaltigkeit ihrer Gestaltung eine Erklärung. Sie entw

1) l. c., p. 519—520.

dahin der Inhalt die Osmiumsäure reducirt, wird sie in diesem Stadium nicht oder nur sehr schwach gefärbt.

Ein anderer Punkt verdient einige Beachtung. Der Zustand der unregelmässigen Vertheilung grösserer und kleinerer Fetttropfen scheint längere Zeit anzudauern, und da er bald nach dem Ausreifen eintritt, so ist die Vorbereitungszeit der Keimung eine sehr lange. Es ist nicht unmöglich, dass bei den Oosporen eine eigentliche Ruheperiode überhaupt nicht vorhanden ist. Es treten diejenigen Vorgänge, auf einen grösseren Zeitraum vertheilt, nacheinander auf, die z. B. bei der Keimung der Samen höherer Pflanzen dieser Keimung unmittelbar voranzugehen pflegen. Diese Zeit ist für die Art constant.

II. Das hypogyne Conidieantheridium. Ist die Basalzelle des Oogoniums eine Durchwachsung? Vergl. das bei Behandlung der *S. rhaetica* und der *Hypogyna*-Gruppe Gesagte, l. c. und Taf. III u. IV. Bei den früher behandelten Formen kamen vor: 1. 1—3 Antheridialquerwände unter dem gleichen Oogonium ohne Fortsätze. 2. Fortsätze ohne Antheridialquerwände. 3. Beide Gebilde zusammen. 4. Nur ein Fortsatz und keine Verzweigung. 5. Mehrere Fortsätze mit mehreren Querwänden. — Dort konnte schlechterdings nur auf Durchwachsung geschlossen werden. Hier sehe ich mich gezwungen, dieser „Durchwachsung“ der *S. intermedia*, vergl. p. 99—100 und p. 102 bis 104, auch den Charakter einer Antheridialzelle zuzusprechen. Entsprechend den latent in der Sporangiumanlage ruhenden Kräften schreitet sie ja einmal zur Bildung eines Sporangiums, eines Oogoniums oder einer Dauerconidie, und es wäre zu verwundern, wenn sie nicht ein Antheridium werden könnte.

Da das Antheridium functionslos ist und ebenso natürlich das hypogyne Antheridium, so bietet es für sichere Schlüsse durchaus keine weiteren Anhaltspunkte. Die Betrachtung baut sich auf einer breiteren Grundlage auf, wenn wir die antheridiale „Durchwachsung“ gleichzeitig als Conidie betrachten. Es wurde bei früherer Gelegenheit und auch jetzt an der *S. intermedia* gezeigt, dass Fortsätze nicht nur in Conidieoogonien und Conidiesporangien, sondern auch sogar in Conidieantheridien auftreten

Sympodium und von einfachen dichotomischen Verzweigungen ableitbaren Stände gegeben. Auch diese Stände sind bei allen Arten vorhanden. Eine höchst unregelmässige complicirtere Zusammensetzung erhielten sie als undeutliche Wirtel etc. bei den Arten heterogener Anordnung und der S. spec. IV. Es ist unnöthig darauf zurückzukommen wie die einzelnen Stände von einfacheren sich ableiten, und welche Uebergänge zwischen ihnen sich feststellen lassen. Auf die wahrscheinlichen Uebergangsstufen wurde im speciellen Theil aufmerksam gemacht. Unter Hinweis auf das dort Gesagte und auf die Tabelle sind hier folgende Punkte in der Vervollkommnung der Sporangiumanlage zu unterscheiden.

1. Die phylogenetische Aufeinanderfolge der Stände. Sie fangen mit regellosen an und gelangen zu Ständen, die denen der gewöhnlichen Oogonien gleich sind. Es ist der Gang vom Complicirten und Regellosen zum Bestimmten.

2. Ausbildung des einzelnen Standes z. B. der abgeschnürten Kette zur fadenartigen, des Sympodiums zur Dichotomie u. a. m. Sie kann stattfinden innerhalb der einen und derselben Art, oder auf verschiedene Arten vertheilt sein. Dies ist eine Entwickelung vom Einfachen und Bestimmten zum Zusammengesetzten bis Regellosen.

3. Die Conidieoogonien finden sich anfangs in allen diesen Ständen vor und erlangen die schliessliche bekannte Anordnung der gewöhnlichen Oogonien.

Die hier zum Ausdruck gelangende Mannigfaltigkeit der Conidienbildungen erschwert vielfach die Einsicht in die vorausgegangenen Vorgänge. Nägeli spricht in einer allgemeinen Auseinandersetzung über ähnliche Entwickelungsstufen sich in folgender Weise aus: „ . . . . . Die quantitative Verschiedenheit, welche in einer Menge von Abstufungen besteht, ist unvollkommener als der Zustand, in welchem nach Unterdrückung aller Uebergänge bloss die wenigen ausgeprägten Bildungen übrig bleiben und unvermittelt nebeneinander liegen.“ [1]) Die Sporangiumanlage ist ein primitiver Zustand der Fructification, und darin findet die Mannigfaltigkeit ihrer Gestaltung eine Erklärung. Sie entwickelte

1) l. c., p. 519—520.

dahin der Inhalt die Osmiumsäure reducirt, wird sie in diesem Stadium nicht oder nur sehr schwach gefärbt.

Ein anderer Punkt verdient einige Beachtung. Der Zustand der unregelmässigen Vertheilung grösserer und kleinerer Fetttropfen scheint längere Zeit anzudauern, und da er bald nach dem Ausreifen eintritt, so ist die Vorbereitungszeit der Keimung eine sehr lange. Es ist nicht unmöglich, dass bei den Oosporen eine eigentliche Ruheperiode überhaupt nicht vorhanden ist. Es treten diejenigen Vorgänge, auf einen grösseren Zeitraum vertheilt, nacheinander auf, die z. B. bei der Keimung der Samen höherer Pflanzen dieser Keimung unmittelbar voranzugehen pflegen. Diese Zeit ist für die Art constant.

II. Das hypogyne Conidieantheridium. Ist die Basalzelle des Oogoniums eine Durchwachsung? Vergl. das bei Behandlung der *S. rhaetica* und der *Hypogyna*-Gruppe Gesagte, l. c. und Taf. III u. IV. Bei den früher behandelten Formen kamen vor: 1. 1—3 Antheridialquerwände unter dem gleichen Oogonium ohne Fortsätze. 2. Fortsätze ohne Antheridialquerwände. 3. Beide Gebilde zusammen. 4. Nur ein Fortsatz und keine Verzweigung. 5. Mehrere Fortsätze mit mehreren Querwänden. — Dort konnte schlechterdings nur auf Durchwachsung geschlossen werden. Hier sehe ich mich gezwungen, dieser „Durchwachsung" der *S. intermedia*, vergl. p. 99—100 und p. 102 bis 104, auch den Charakter einer Antheridialzelle zuzusprechen. Entsprechend den latent in der Sporangiumanlage ruhenden Kräften schreitet sie ja einmal zur Bildung eines Sporangiums, eines Oogoniums oder einer Dauerconidie, und es wäre zu verwundern, wenn sie nicht ein Antheridium werden könnte.

Da das Antheridium functionslos ist und ebenso natürlich das hypogyne Antheridium, so bietet es für sichere Schlüsse durchaus keine weiteren Anhaltspunkte. Die Betrachtung baut sich auf einer breiteren Grundlage auf, wenn wir die antheridiale „Durchwachsung" gleichzeitig als Conidie betrachten. Es wurde bei früherer Gelegenheit und auch jetzt an der *S. intermedia* gezeigt, dass Fortsätze nicht nur in Conidieoogonien und Conidiesporangien, sondern auch sogar in Conidieantheridien auftreten

Sexualität vor uns haben auf einer Entwickelungsstufe der Pilze, welche noch keine Bestimmtheit der bei den höheren Pilzen allein vorhandenen ungeschlechtlichen Fructification zuliess. — Ferner wurde gesagt, dass der causal-morphologische Zusammenhang zwischen den primären und abgeleiteten Fruchtformen, der hier für einige Arten aufgedeckt wurde, auch bei anderen der Gattung muss vorhanden gewesen sein.

Daraus ergiebt sich, dass die Merkmale der geschlechtlichen Fructificationsorgane allein zur Erkennung der Arten dienen, während andere Merkmale, welche gleichfalls von der Sporangiumanlage sich ableiten, nur als die Eigenschaften eines grösseren Verbandes der Gattung etc. angesehen werden können.

Anhang.

I. Die Oosporen, ihre Structur und Keimung (Taf. II, Fig. 66, 67, 68). Die Bezeichnung der Oosporen als centrische[1]), excentrische u. s. f. verdient eine kurze Auseinandersetzung. Die unreifen Oosporen als Plasmaklumpen, die soeben eine deutliche Membran erhielten, bestehen aus gleichmässig „gekörntem“, etwas grauem bis schwach gelblich aussehendem Plasma. Etwas später werden sie centrisch (Fig. 66) und einige Zeit darauf verlieren die Oosporen diese centrische Structur, indem in ihnen sich grössere und kleinere Fetttropfen ansammeln (Fig. 67). Diese werden mehr und mehr kleiner und endlich verschwinden sie gänzlich. Der Inhalt der Oosporen ist nunmehr äusserst fein körnig geworden, und im Unterschiede zum Anfangsstadium der Oosporenentwickelung sieht es aus, als ob die äusserst feinen Körnchen in einer Flüssigkeit eingebettet lägen. Zu dieser Zeit wird auch die Oosporenmembran theilweise resorbirt und fast unsichtbar. Die Oospore schwillt um die Hälfte, bis um das Doppelte ihrer früheren Grösse an (Fig. 68), und die Keimung erfolgt bald darauf. Das spätere Verhalten ist bekannt. Fig. 68 stellt das eigentliche Keimungsstadium dar, das passender Weise der flüssige Zustand genannt werden könnte. — Während bis

---

1) Vergl. Flora, l. c., p. 29 des S.-A.

dahin der Inhalt die Osmiumsäure reducirt, wird sie in diesem Stadium nicht oder nur sehr schwach gefärbt.

Ein anderer Punkt verdient einige Beachtung. Der Zustand der unregelmässigen Vertheilung grösserer und kleinerer Fetttropfen scheint längere Zeit anzudauern, und da er bald nach dem Ausreifen eintritt, so ist die Vorbereitungszeit der Keimung eine sehr lange. Es ist nicht unmöglich, dass bei den Oosporen eine eigentliche Ruheperiode überhaupt nicht vorhanden ist. Es treten diejenigen Vorgänge, auf einen grösseren Zeitraum vertheilt, nacheinander auf, die z. B. bei der Keimung der Samen höherer Pflanzen dieser Keimung unmittelbar voranzugehen pflegen. Diese Zeit ist für die Art constant.

II. Das hypogyne Conidieantheridium. Ist die Basalzelle des Oogoniums eine Durchwachsung? Vergl. das bei Behandlung der *S. rhaetica* und der *Hypogyna*-Gruppe Gesagte, l. c. und Taf. III u. IV. Bei den früher behandelten Formen kamen vor: 1. 1—3 Antheridialquerwände unter dem gleichen Oogonium ohne Fortsätze. 2. Fortsätze ohne Antheridialquerwände. 3. Beide Gebilde zusammen. 4. Nur ein Fortsatz und keine Verzweigung. 5. Mehrere Fortsätze mit mehreren Querwänden. — Dort konnte schlechterdings nur auf Durchwachsung geschlossen werden. Hier sehe ich mich gezwungen, dieser „Durchwachsung" der *S. intermedia*, vergl. p. 99—100 und p. 102 bis 104, auch den Charakter einer Antheridialzelle zuzusprechen. Entsprechend den latent in der Sporangiumanlage ruhenden Kräften schreitet sie ja einmal zur Bildung eines Sporangiums, eines Oogoniums oder einer Dauerconidie, und es wäre zu verwundern, wenn sie nicht ein Antheridium werden könnte.

Da das Antheridium functionslos ist und ebenso natürlich das hypogyne Antheridium, so bietet es für sichere Schlüsse durchaus keine weiteren Anhaltspunkte. Die Betrachtung baut sich auf einer breiteren Grundlage auf, wenn wir die antheridiale „Durchwachsung" gleichzeitig als Conidie betrachten. Es wurde bei früherer Gelegenheit und auch jetzt an der *S. intermedia* gezeigt, dass Fortsätze nicht nur in Conidieoogonien und Conidiesporangien, sondern auch sogar in Conidieantheridien auftreten

prolegnieen ist freilich eine solche Verbindung gar nicht nothwendig, denn es kann mit ziemlicher Genauigkeit behauptet werden, dass man bei den Saprolegnieen die Entwickelung der Geschlechtlichkeit in allen ihren Gradationen verfolgen könnte, wenn die Anschlüsse der ganzen Reihe vorlägen, und nicht nur die zwei Endglieder derselben, welche die Ausübung der Geschlechtlichkeit in sich schlossen.

Für diesen Mangel werden wir entschädigt durch eine hier zu gewinnende Erkenntniss. Was beweist die mehr und mehr zu Tage tretende Annäherung der Conidienstände an die Stände der gewöhnlichen Oogonien? Es ist nicht zu verkennen, dass sie einer Vervollkommnung zustrebt, deren Richtung *S. Thureti, S. intermedia* nov. spec. angiebt, welcher *S. bodanica* nov. spec. jedenfalls sehr nahe steht, und welche *S. monilifera* und *S. torulosa* de Bary anscheinend nahezu erreichen. Die Entwickelung gipfelt in einem Zustande, in welchem die Conidienstände mit den Ständen der gewöhnlichen Oogonien zusammenfallen, sich mit ihnen vollkommen decken. Dadurch wird die Conidie zum Verschwinden gebracht und es ist ebensogut möglich, dass Formen in dieser Gattung vorhanden sind, welche der Conidien ermangeln, wie es deren nachweislich Viele giebt, die in der Anordnung der Conidien gar keine Gemeinschaft mit den gewöhnlichen Oogonien besitzen.

Das Loos, welches den Conidien bevorsteht, ist ganz bestimmt kein anderes, als das hier skizzirte. Diese Ansicht bekräftigt noch eine Uebereinstimmung, welche zu betonen ich nicht unterlassen kann. Die Conidieoogonien sind in Bezug auf die Grösse, Form, Structur ihrer Membran, Zahl der Oosporen u. s. f. höchst wahrscheinlich auch in der Keimungszeit der letzteren, auch bei Arten heterogenen Ausbaues, bis auf unwesentliche und fast unmerkliche Unterschiede vollständig gleich den gewöhnlichen Oogonien.

Man könnte meinen, es mit einer gänzlich unerklärbaren, nutzlosen Doppelbildung eines Organs zu thun zu haben, wenn nicht, wie schon gesagt wurde, hier zwei Endglieder einer langen Reihe causal-morphologischer Zusammenhänge vorlägen.

Nach diesen Ausführungen ist es klar, welche Anordnungsweise der Conidien die morphologisch jüngere ist. Man kann mit Sicherheit die Arten des heterogenen Ausbaues der Frucht-

stände als die älteren, ursprünglichen bezeichnen, diejenigen des isogenen Ausbaues als die morphologisch jüngeren der behandelten Gattung.

IV. Man könnte behaupten, die Conidieoogonien stammten nicht von Conidien ab, sondern wären nicht zur Entwickelung gelangte Oogonien, ihre Stände verkümmerte Stände der letzteren. Nun ist es seit Langem bekannt, dass die gewöhnlichen Oogonien eine für die Art charakteristische Anordnung besitzen. Es müssten darum die Stände der Conidien und der Conidieoogonien dieser Anordnung von Fall zu Fall entsprechen. Eine solche Gesetzmässigkeit ist nur in beschränktem Maasse bei den Arten des isogenen Ausbaues zu eruiren. Vergl. den Text und die Tabelle.

Haben wir, mit anderen Worten, einen Conidienstand vor uns, der auf dem Wege ist ein charakteristischer Oogonienstand zu werden oder umgekehrt einen Stand der Oogonien, welche zu Conidien reducirt sind? Trotzdem hier die Auffassung vertreten wurde, dass die Saprolegnieen eine regressive Reihe darstellen, wird dieser Einwand gehoben durch alle die Gründe, welche für die primitive Natur der Sporangiumanlage sprechen.

V. Es ergab sich aus der ganzen Darstellung, dass weder der Hyphendurchmesser, noch die Form, Grösse und Anordnung der Conidien, noch endlich die gewöhnlichen Sporangien, welche nur an eine gewisse Form gebunden sind, zur Charakterisirung einer Art ausreichen. Entweder sind diese Eigenschaften bei allen Formen vollständig gleich (Hyphendurchmesser) oder von einer so regellosen Mannigfaltigkeit, dass ein unterscheidendes Moment nur unter höchst beschränkenden Voraussetzungen unter ihnen sich finden lässt.

Nur die Oogonien und Antheridien besitzen scharfe, regelmässig wiederkehrende Eigenthümlichkeiten, welche schon früh am Conidieoogonium und Conidieantheridium sichtbar werden. Auf Grund der gesammten Organisationsverhältnisse der Fruchtformen der Saprolegnieen wurde eben unter III der Satz ausgesprochen, dass bei Saprolegnieen wir den Niedergang der

Sexualität vor uns haben auf einer Entwickelungsstufe der Pilze, welche noch keine Bestimmtheit der bei den höheren Pilzen allein vorhandenen ungeschlechtlichen Fructification zuliess. — Ferner wurde gesagt, dass der causal-morphologische Zusammenhang zwischen den primären und abgeleiteten Fruchtformen, der hier für einige Arten aufgedeckt wurde, auch bei anderen der Gattung muss vorhanden gewesen sein.

Daraus ergiebt sich, dass die Merkmale der geschlechtlichen Fructificationsorgane allein zur Erkennung der Arten dienen, während andere Merkmale, welche gleichfalls von der Sporangiumanlage sich ableiten, nur als die Eigenschaften eines grösseren Verbandes der Gattung etc. angesehen werden können.

Anhang.

I. Die Oosporen, ihre Structur und Keimung (Taf. II, Fig. 66, 67, 68). Die Bezeichnung der Oosporen als centrische[1]), excentrische u. s. f. verdient eine kurze Auseinandersetzung. Die unreifen Oosporen als Plasmaklumpen, die soeben eine deutliche Membran erhielten, bestehen aus gleichmässig „gekörntem", etwas grauem bis schwach gelblich aussehendem Plasma. Etwas später werden sie centrisch (Fig. 66) und einige Zeit darauf verlieren die Oosporen diese centrische Structur, indem in ihnen sich grössere und kleinere Fetttropfen ansammeln (Fig. 67). Diese werden mehr und mehr kleiner und endlich verschwinden sie gänzlich. Der Inhalt der Oosporen ist nunmehr äusserst fein körnig geworden, und im Unterschiede zum Anfangsstadium der Oosporenentwickelung sieht es aus, als ob die äusserst feinen Körnchen in einer Flüssigkeit eingebettet lägen. Zu dieser Zeit wird auch die Oosporenmembran theilweise resorbirt und fast unsichtbar. Die Oospore schwillt um die Hälfte, bis um das Doppelte ihrer früheren Grösse an (Fig. 68), und die Keimung erfolgt bald darauf. Das spätere Verhalten ist bekannt. Fig. 68 stellt das eigentliche Keimungsstadium dar, das passender Weise der flüssige Zustand genannt werden könnte. — Während bis

---

1) Vergl. Flora, l. c., p. 29 des S.-A.

dahin der Inhalt die Osmiumsäure reducirt, wird sie in diesem Stadium nicht oder nur sehr schwach gefärbt.

Ein anderer Punkt verdient einige Beachtung. Der Zustand der unregelmässigen Vertheilung grösserer und kleinerer Fetttropfen scheint längere Zeit anzudauern, und da er bald nach dem Ausreifen eintritt, so ist die Vorbereitungszeit der Keimung eine sehr lange. Es ist nicht unmöglich, dass bei den Oosporen eine eigentliche Ruheperiode überhaupt nicht vorhanden ist. Es treten diejenigen Vorgänge, auf einen grösseren Zeitraum vertheilt, nacheinander auf, die z. B. bei der Keimung der Samen höherer Pflanzen dieser Keimung unmittelbar voranzugehen pflegen. Diese Zeit ist für die Art constant.

II. Das hypogyne Conidieantheridium. Ist die Basalzelle des Oogoniums eine Durchwachsung? Vergl. das bei Behandlung der *S. rhaetica* und der *Hypogyna*-Gruppe Gesagte, l. c. und Taf. III u. IV. Bei den früher behandelten Formen kamen vor: 1. 1—3 Antheridialquerwände unter dem gleichen Oogonium ohne Fortsätze. 2. Fortsätze ohne Antheridialquerwände. 3. Beide Gebilde zusammen. 4. Nur ein Fortsatz und keine Verzweigung. 5. Mehrere Fortsätze mit mehreren Querwänden. — Dort konnte schlechterdings nur auf Durchwachsung geschlossen werden. Hier sehe ich mich gezwungen, dieser „Durchwachsung" der *S. intermedia*, vergl. p. 99—100 und p. 102 bis 104, auch den Charakter einer Antheridialzelle zuzusprechen. Entsprechend den latent in der Sporangiumanlage ruhenden Kräften schreitet sie ja einmal zur Bildung eines Sporangiums, eines Oogoniums oder einer Dauerconidie, und es wäre zu verwundern, wenn sie nicht ein Antheridium werden könnte.

Da das Antheridium functionslos ist und ebenso natürlich das hypogyne Antheridium, so bietet es für sichere Schlüsse durchaus keine weiteren Anhaltspunkte. Die Betrachtung baut sich auf einer breiteren Grundlage auf, wenn wir die antheridiale „Durchwachsung" gleichzeitig als Conidie betrachten. Es wurde bei früherer Gelegenheit und auch jetzt an der *S. intermedia* gezeigt, dass Fortsätze nicht nur in Conidieoogonien und Conidiesporangien, sondern auch sogar in Conidieantheridien auftreten

können. Das Conidieantheridium selbst kann zu einem Sporangium werden oder den Dauerzustand eingehen; es fehlt ihm nur die Umbildungsfähigkeit zu einem Oogonium. Daraus zu schliessen, dass es ein männliches Organ sei oder ein solches war, ist nicht zulässig. Allein hier liegt ausser diesen Umständen noch der bemerkenswerthe Fortschritt vor, der das Antheridium der gewöhnlichen Oogonien vor dem Conidieantheridium auszeichnet. Dieser Specialfall der Durchwachsung muss allen diesen Thatsachen entsprechend zu nichts Anderem führen, als zur Bildung des hypogynen Antheridiums.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Fig. 1—3. Conidienbildungen von drei unbestimmten Saprolegnieen.

Fig. 1. *Saprolegnia* spec. I. Das Ende einer Conidiehyphe mit fingerartig gespreizten, stumpfen Conidienzacken. 110/1.

Fig. 2. *Saprolegnia* spec. II. Ein verzweigter Conidienstand; aufzufassen als eine „falsche Dichotomie", in welcher das Glied in *a* verkümmert ist. Neigung zu knolligen Conidienbildungen. 110/1.

Fig. 3. *Saprolegnia* spec. III. Ein verzweigter Conidienstand. Der untere Theil ist wickelähnlich; an jeder Biegung desselben ist eine rundliche Verdickung vorhanden. 110/1.

Fig. 4—17. *Saprolegnia esocina* nov. spec.

Fig. 4. Der seltene Fall eines Oogoniums, das von einem diklinen Antheridium umschlungen ist. 280/1.

Fig. 5. Eine Conidienkette, die in einem langen stumpfen Schlauche endigt. Die Form des Oogoniums von dem der unter ihm stehenden Conidie nicht verschieden. 280/1.

Fig. 6. Conidienstand mit Conidieoogonien mit deutlich sympodialer Aussackung. 280/1.

Fig. 7. Aehnlich der Fig. 6. Ein Sympodium, doch seitlich statt eines Dauerzustandes der Conidie ein Oogonium ausgebildet. Im conidienbildenden Faden sind keine Querwände ausgebildet. 280/1.

Fig. 8. Das Endstück einer Conidienreihe, abgeschlossen von einem Conidieoogonium, unter dem ein leeres Conidiesporangium und eine Dauerconidie sich befinden. 150/1.

Fig. 9. Conidienkette mit zwei in ihrer Entwickelung stehen gebliebenen Conidieoogonien mit Tüpfeln. 110/1.

Fig. 10. Conidienkette mit sehr kleinen Conidien, die in Sporangien umgewandelt und mit Entleerungshälsen versehen sind. 280/1.

Fig. 11. Conidien in undeutlichem Wickelstand, die obersten (seiten- und endständigen) von Zoosporen entleert. 280/1.

Fig. 12. Conidienstand. Die mit Zoosporen erfüllte Conidie erscheint als Seitenast eines Sympodiums (?). Die Fortsetzung des Fadens schreitet zu keiner neuen Astbildung, sondern verlängert sich *a* (hier bedeutend gekürzt) und bildet Conidien in Ketten aus. 110/1.

Fig. 13. Conidienstand, dessen obere, unregelmässig geformte Conidie drei lange, fadenförmige Schläuche ausbildete. 110/1.

Fig. 14. Das Ende eines Schlauches, der zur Conidienbildung schreitet. Keine Querwand und an drei fadenförmigen Zweigen secundäre Verzweigungen. 110/1.

Fig. 15. Conidienstand als Kette. 110/1.

Fig. 16. Theilstück einer Conidienkette mit entleerten Conidiesporangien. Hohler Zipfel, der von einem Conidiesporangium in das über ihm liegende eindringt. 110/1.

Fig. 17. Das Endstück einer Conidienkette. Sonst wie in Fig. 16.

Fig. 18—27. *Saprolegnia heterandra* spec. nov.

Fig. 18. Das Endstück eines traubigen Oogonienstandes. Ca. 50/1.

Fig. 19. Oogonienstand als verkürzte Traube. 110/1.

Fig. 20. Oogonium eines Traubenstandes mit einem diklinen Antheridium. 280/1.

Fig. 21. Desgl. mit einem androgynen Antheridium. 280/1.

Fig. 22. Eine Conidienkette, die zwei obersten Conidien in Oogonien umgewandelt. Das zweite ragt mit seinem Zipfel in's oberste hinein. 150/1.

Fig. 23. Ein unbestimmbarer Conidienstand; zu beiden Seiten entleerte Conidiesporangien und in der Mitte auf einer Dauerconidie ein Conidieoogonium sitzend. 150/1.

Fig. 24. Conidienstand. Verbindung eines Sympodiums mit einer Gabel. Links abgeschnürte Conidien, rechts solche im Faden durch Quertheilung. 150/1.

Fig. 25. Ein sympodialer Conidienstand. 280/1.

Fig. 26. Ein deutlicher Wickelstand. 110/1.

Fig. 27. Ein wirtelähnlicher, unregelmässiger Conidienstand, ähnlich demjenigen der *S. esocina* (Fig. 13), mit dem Unterschiede, dass er hier ein intercalarer ist. 110/1.

Fig. 28—36. *Saprolegnia Thureti.*

Fig. 28. Unter einem entleerten Conidiesporangium zweigt seitlich sympodial eine Conidie ab. 110/1.

Fig. 29. Zwei Conidien in ähnlicher Stellung wie die zwei obersten der Fig. 28. Die entleerte ist hier seitenständig. 110/1.

Fig. 30. Gleich wie in Fig. 28. Vergl. Text. 110/1.

Fig. 31. Ein complicirterer, wohl sympodialer Stand; die seitliche Abzweigung fand jedoch schon im Faden statt. 110/1.

Fig. 32. Häute, welche die Conidien verbinden, wie bei *S. rhaetica*. Der Stand ist eine Kette. 110/1.

Fig. 33. Eine Conidiengruppe, die als Sympodium noch zu erkennen ist. 110/1.

Fig. 34. Conidien an den Enden gabeliger Zweige. Sie sind zum Theil entleert. Vergl. Fig. 31 *b*, 33 *b*, in denen der Anfang der „Gabel“ durch Verlegung der seitlichen Abzweigung in den Faden sich befindet. 110/1.

Fig. 35. Conidienkette; ein Theil der Conidien in Oogonien umgewandelt. 110/1.

Fig. 36. Eine Conidienreihe, abgeschlossen durch zwei Conidieoogonien. 280/1.

Tafel II.

Fig. 37—51 a. *Saprolegnia intermedia* spec. nov.

Fig. 37. Conidienstand, wohl Anfangsbildung eines Wickels. Rechts Conidien als Durchwachsung. 110/1.

Fig. 38. Conidienkette, an der ein entleertes „hypogynes Antheridium“ unter einer Dauerconidie sich befindet, vergl. Fig. 45 u. 48. 150/1.

Fig. 39. Conidienkette von einem Oogonium mit einem hypogynen Antheridium. In dieses dringt von der unter ihm liegenden Conidie ein Fortsatz (hypogynes Conidieantheridium). 150/1.

Fig. 40. Conidienkette vergl. Text. 150/1.

Fig. 41. Conidienstand als Dichasium, zum Theil in Oogonien, zum Theil in Sporangien umgewandelt. 150/1.

Fig. 42. Aehnlich der vorigen, vergl. Text. 150/1.

Fig. 43. Conidienkette mit zwei seitlich an ihr stehenden Conidieoogonien. 110/1.

Fig. 44. Conidienkette mit einem Conidieoogonium. Entleerungsschläuche mit Querwänden. 150/1.

Fig. 44 a. Condienkette, an den unteren Conidien grosse Entleerungsschläuche. 110/1.

Fig. 44 b. Eine Conidie mit einem unregelmässig gestalteten Entleerungsschlauch, welcher verzweigt ist. 110/1.

Fig. 45. Ein Conidienstand mit zwei Conidieoogonien; eines der hypogynen Conidieantheridien *a* wandelte sich in ein Sporangium um. 280/1.

Fig. 46. Conidienkette; die oberste und unterste Conidie im Dauerzustande; alle übrigen Conidieoogonien. 110/1.

Fig. 47. Conidienkette mit einem Sporangium und einem Oogonium. 150/1.

Fig. 48. Conidienkette, vergl. Text. 150/1.

Fig. 49. Conidienkette; zu oberst und zu unterst je ein Conidieoogonium. Das Gegenstück zu Fig. 46, vergl. Text. 280/1.

Fig. 50 u. 51. Zwei gewöhnliche Oogonien mit hypogynen Antheridien. Das eine sendet einen Fortsatz mit vielen Verzweigungen in's Oogonium, das andere besitzt zahlreiche Fortsätze. 440/1.

Fig. 51 a. Ein gewöhnliches Oogonium; zwei hypogyne Antheridien, ein „ober-“ und ein „unterständiges“. 280/1.

Fig. 52—59 a. *Saprolegnia bodanica* spec. nov.

Fig. 52. Ein traubiger Oogonienstand. Ca. 50/1.

Fig. 53. Ein traubiger Conidienstand; oben fadenartig, im unteren Theil kettenartig. Vergl. Fig. 55, 57 u. 58. 110/1.

Fig. 54. Ein traubenähnlicher Conidienstand. 280/1.

Fig. 55. Conidienstand als Traube; der Faden links abgeschnitten. 280/1.

Fig. 56. Das Oogonium aus einer Traube mit dem unter ihm entspringenden langen Schlauch. Die Eigenschaft, solche Schläuche auszubilden, kommt den Tragfäden der Oogonien wie denjenigen der Conidien und wahrscheinlich den Conidien selbst zu. Vergl. Fig. 55. 110/1.

Fig. 57. Ein Conidienstand in deutlicher Traube oder vielmehr eine „Pseudotraube". Die grössere Bestimmtheit dieses Standes. 110/1.

Fig. 58. Conidien in deutlichem Traubenstand. 110/1.

Fig. 59. Ein Cellulinverschluss in einem dünnen Faden. 280/1.

Fig. 59 a. Eine Dauerconidie mit einem „durchwachsenden" Zipfel. 280/1.

Fig. 60—65. *Saprolegnia* spec. IV.

Fig. 60. Kette abgeschnürter, regelmässig kugeliger Conidien. 110/1.

Fig. 61. Ein grosser unregelmässiger Conidienstand, zum Theil in Conidiesporangien umgewandelt. Das unterste entleerte Conidiesporangium aus *a*, dem in die Continuität des Fadens fallenden Stück und den Aesten *b*, *c* und *d*. Vergl. Text. 110/1.

Fig. 62. Conidienstand als Durchwachsung einer leeren Sporangienhaut. An jeder Conidie ein Zipfel. 110/1.

Fig. 63. Aehnlich der vorigen Figur, vergl. Text. 110/1.

Fig. 64 u. 65. Die erstere 280/1, Fig. 65 110/1. Vergl. den Text.

Keimungsstadien der Oosporen.

Fig. 66, 67, 68. Vergl. den Text. 650/1.

Ueber Wachsthumscorrelationen in Folge mechanischer Hemmung des Wachsens.

Von

Franz Hering.

Mit 4 Textabbildungen.

Einleitung.

Damit die das Leben und Gedeihen eines Organismus bedingenden Functionen, den jeweiligen Verhältnissen entsprechend, sich im Interesse des Ganzen vollziehen können, ist es unbedingt nöthig, dass dieselben in innigster Verkettung und Beziehung zu einander stehen. Der Ausfluss dieser Beziehungen, der in den mannigfachsten Wechselwirkungen zum Ausdruck kommt, sind die sogenannten Correlationen [1]).

Dass solche Correlationen der verschiedensten Art allgemein sein müssen, wird wohl allerseits anerkannt, doch ist es Aufgabe der Forschung, möglichst viele specielle Fälle davon zu untersuchen, um mehr und mehr einen Einblick in den ursächlichen Zusammenhang bei Correlationsvorgängen zu gewinnen.

Würden solche Beziehungen zwischen den einzelnen Gliedern der Organismen nicht bestehen, so würde ein zweckentsprechendes Zusammenwirken dieser Glieder auf die Dauer undenkbar sein. Es würde vor Allem auch der Pflanze nicht möglich sein, räumlich getrennte Organe zu einem einheitlichen Zusammenwirken zu bringen dann, wenn für irgend ein Glied des ganzen Organismus andere Umstände als die bislang obwaltenden eintreten, die nun dem direct in Mitleidenschaft gezogenen Theile die gewohnheitsmässige Functionsweise nicht mehr gestatten.

---

1) Vergl. Pfeffer, Druck und Arbeitsleistung durch wachsende Pflanzen, 1893, p. 337, Anmerkung 2.

Dafür, dass solche Verkettungen in der That im lebenden Pflanzenkörper vorhanden sind, spricht nicht nur das normale Wachsthum unserer Pflanzen zur Genüge, sondern noch deutlicher jene Wachsthumserscheinungen, die sich nach dem Eintritte aussergewöhnlicher Verhältnisse herausstellen, unter denen zu vegetiren sich die Pflanze in der freien Natur oft genöthigt sieht, resp. in welche man dieselbe versetzen kann, um an den resultirenden Reactionen die correlativen Beziehungen zu studiren.

Die letzteren Fälle sind für das Studium dieser inneren Beziehungen deshalb besonders lehrreich, weil man in ihnen die Ursachen, von denen abhängig gewisse Erscheinungen sich vollziehen, kennt, während in den meisten anderen Fällen man nicht mit Bestimmtheit unterscheiden kann, welchen besonderen Ursachen die einzelnen Erscheinungen zuzuschreiben sind.

Es soll daher in dieser Arbeit von Wirkungen gehandelt werden, die sich klar ersichtlich als Folge von uns bekannten Eingriffen einstellen, und zwar im Besonderen als Folge mechanischer Hemmung wachsthumsthätiger Theile eines Pflanzenorganismus, um zu constatiren, inwieweit die Pflanze befähigt ist, vermöge der inneren Verkettung ihrer einzelnen Glieder, auf Eingriffe dieser Art zu reagiren.

Die Vorbedingungen für das Zustandekommen von correlativen Effecten sind immer im pflanzlichen Organismus vorhanden, jedoch es vollziehen sich dieselben erst nach mancherlei verschiedenen Anlässen. Viele derselben verlaufen ohne Unterbrechung, manche nur zeitweise, falls ganz besondere, vielfach äussere, Verhältnisse eintreten. Realisiren sich diese Verhältnisse während der Lebensdauer des Organismus nicht, so unterbleiben auch die durch dieselben erzeugbaren Correlationen.

Von der grossen Summe der Correlationserscheinungen, die sich während der Lebenszeit eines Organismus unter Umständen in diesem abspielen, haben hier für uns nur solche ein besonderes Interesse, die sich anlässlich äusserer mechanischer Eingriffe vollziehen, da dieselben mit den später zu besprechenden Effecten, die sich in Folge der mechanischen Wachsthumshemmung herausstellen, vielfach Aehnlichkeit haben, also mit jenen bis zu einem gewissen Grade vergleichbar sind.

Derartige Eingriffe von aussen können nun sehr verschiedener Art sein, sowohl nach Qualität als auch nach Intensität, dementsprechend auch die Reactionen, mit welchen die Pflanze im einzelnen Falle antwortet.

Mit welchen Mitteln es des Näheren der Pflanze möglich ist, auf äussere Eingriffe an räumlich getrennten Orten und Organen ihres Organismus entsprechende Reactionen zu veranlassen, darüber ist eine wünschenswerthe Klarheit noch nicht erreicht, einer der massgebenden Factoren für solche Effecte ist die Befriedigung eines durch die jeweiligen Verhältnisse bedingten Bedürfnisses. Diese Befriedigung wird erreicht mit den dem Organismus eigenen Mitteln, nicht aber etwa dadurch, dass die äusseren Umstände, welche directe Ursache zum Effect sind, auch activ zur Erreichung desselben etwas beitrügen.

Die Zeit, nach welcher sich die einzelnen Correlationen vollziehen, hängt natürlich von der Beschaffenheit des betreffenden Individuums sowie auch der des Eingriffes ab.

Nur was nöthig ist, wird im Allgemeinen, da wo es angeht, gebildet; stellt es sich aber heraus, dass z. B. für die Bildung von Organen, die unter normalen Verhältnissen sich zu vollziehen pflegt, aus Anlass veränderter Verhältnisse kein Bedürfniss mehr vorliegt, so besitzt die Pflanze auch die Fähigkeit, in Folge der in ihr bestehenden correlativen Verkettung, jene Bildungen zu unterlassen.

Interessante Illustrationen für solche Verhältnisse liefern die Arbeiten von L. Jost[1]), worin auf's Deutlichste gezeigt wird, in wie weitgehendem Maasse die Ausbildung der Gefässe sich in Abhängigkeit von der Entwickelung der Seitenorgane vollzieht, ebenso welche Correlationen der Verlust des Epikotyls im anatomischen Bau des hypokotylen Gliedes bedingt. Aehnliche Abhängigkeitsverhältnisse von inneren und äusseren Umständen constatirt Jost[2]) für die Ausbildung des Holzes.

Jedoch nicht nur anatomische Differenzen werden in Folge der correlativen inneren Verkettung der einzelnen Organe durch äussere Eingriffe, wie Verlust gewisser Theile, am pflanzlichen

---

1) Botan. Zeitung, 1891, p. 491.

2) Botan. Zeitung, 1893, p. 89.

Organismus hervorgerufen, die ganze Wachsthumsthätigkeit kann durch dieselben in neue Bahnen gelenkt werden, sowohl in Bezug auf die Zeit und auf den Ort, an welchem sich Wachsthum vollzieht, als auch auf die Geschwindigkeit, mit welcher die Wachsthumsthätigkeit an den verschiedenen Orten von Statten geht.

Nur da, wo Leben vorhanden ist, können äussere Einflüsse correlative Effecte bedingen. Abgestorbene Theile des Pflanzenkörpers, soweit sie z. B. nicht unbedingt zur mechanischen Festigung nöthig sind, können wohl aus dem Verbande des Organismus, der sie erzeugte, entfernt werden, ohne dass derselbe in irgend einer Weise reagirte; sobald wir aber lebensthätige Theile in Mitleidenschaft ziehen, sei es durch Verletzen, Abschneiden oder sonstige Eingriffe, sofern dieselben nicht so energisch sind, dass ihnen der Organismus ohne Weiteres unterliegen muss, so werden wir finden, dass es ihm sehr oft möglich ist, Dank der zwischen seinen einzelnen Gliedern bestehenden Beziehungen, sich auf irgend eine Weise für erlittene Unbilden schadlos zu halten. Bethätigungen dieser Verhältnisse zeigen uns die mannigfachen Effecte, die anlässlich erlittener Verluste an der Pflanze zu Tage treten. Sei es, dass in Folge des Verlustes von Blättern beziehentlich jungen Trieben durch Frost, Insectenfrass oder künstliche vorzeitige Entlaubung die Reserveknospen abnorm früh zum Austreiben gebracht werden, oder sei es, wie dies beim Verschneiden der Bäume und Sträucher, dem Abmähen der Wiesen etc. etc. zutrifft, dass in Folge der hierdurch bedingten Verluste, von relativ oft sehr grossen Theilen des Organismus, entsprechender Ersatz geschaffen wird. Selbst noch weiter gehender Correlationseffecte nach dieser Richtung hin ist die Pflanze fähig.

Es sei hier an die von Goebel[1]) beschriebene Metamorphose, welche Knospenschuppen unter Umständen zu erleiden haben, erinnert. Hier sehen wir, dass Organe nicht nur verfrüht zur Entwickelung kommen, sondern dass sich dieselben sogar in anderer Weise ausgestalten, als sie es unter normalen Verhält-

---

1) K. Goebel, Botan. Zeitung 1880, p. 804—810. — De Candolle, Pflanzenphysiologie, 1883, Bd. III, p. 437.

nissen gethan haben würden, um anderen Functionen zu dienen, entsprechend dem zu befriedigenden Bedürfniss. Wieder ein deutlicher Beweis für die Wichtigkeit der inneren Verkettung der einzelnen Organe zur Erreichung von den Verhältnissen entsprechenden Effecten. Gleichzeitig geht aus dieser Beobachtung auch recht klar hervor, dass die einzelnen Zellen, solange sie überhaupt noch fortbildungsfähig sind, noch nicht einer unbedingten Prädestination bezüglich ihrer Form und Function unterworfen sind, sondern dass vielmehr ihre endgiltige Ausgestaltung und functionelle Bestimmung sich nach einer Summe von zur Zeit gegebenen Umständen richtet. Es würde zur weit führen, hier des Näheren auf die einzelnen vorerwähnten und anschliessende, bekannte, hierher gehörende Correlationserscheinungen einzugehen. Es möge genügen, ausser den schon genannten auf einige einschlägige Literaturangaben hinzuweisen[1]), um dann zu denjenigen Wachsthumscorrelationen im Besonderen überzugehen, die wir einer eingehenderen Betrachtung zu unterziehen haben, zu den Wachsthumscorrelationen, die sich ergeben in Folge der Hemmung angestrebten Wachsens.

---

1) Treviranus, Physiologie, 1835, p. 299.
Nördlinger, Forstbotanik, 1874, Bd. I, p. 156.
Bouché, Botan. Zeitung, 1873, p. 621.
Askenasy, Botan. Zeitung, 1877, p. 828.
Kny, Sitzungsbericht d. Berliner Naturforscher-Gesellsch. v. 16. Juli 1876.
Potonié, Ueber den Ersatz erfrorener Frühlingstriebe, Separatabzug aus Sitzungsber. des Brandenb. Vereins, 1880, Bd. II, p. 79.
Pfeffer, Druck und Arbeitsl. durch wachsende Pflanzen, 1893. (Specielle Citirungen im nachstehenden Texte.)
—, Pflanzenphysiologie, Bd. II, enthält p. 162 anmerkungsweise eine Anzahl hierhergehöriger Literaturangaben.
Vöchting, Botan. Zeitung, 1895, p. 80.
Jost, Botan. Zeitung, 1893, p. 89.

A. Wachsthumscorrelationen zwischen Wurzel- und Sprosssystem.

Eine Arbeit der vorhandenen Literatur, die sich mit Wachsthumscorrelationen etwa in ähnlicher Weise befasst, wie dies in der vorliegenden geschehen soll, ist die von L. Kny, „On Correlation in the Growth of Roots and Shoots“ [1]). Es erscheint deshalb angezeigt, auf diese Arbeit etwas näher einzugehen, zumal für die Deutung der darin enthaltenen Resultate auf Grund neuerer Untersuchungen ein etwas weiterer Einblick in das Zustandekommen derselben gewonnen worden ist.

Kny hat sich also die Aufgabe gestellt, zu constatiren, ob und welche Wechselbeziehungen zwischen dem Wachsthum des Spross- und Wurzelsystem bestehen, indem er als Mittel zur Erreichung dieses Zweckes die Effecte benutzt, welche der Verlust des einen Systems auf das andere ausübt.

Kny stellte diesbezügliche Versuche mit Stecklingen und Keimlingen an. Für unsere Zwecke sind hier nur diejenigen von speciellem Interesse, zu denen Keimlinge verwendet wurden, da dieselben unseren Versuchen zum Vergleich dienen sollen und wir ausschliesslich mit Keimlingen die entsprechenden Experimente vornahmen. Die Resultate, die mit Stecklingen erzielt wurden, können wegen der Verschiedenheit zwischen Steckling und Keimling nicht ohne Weiteres mit denen der Keimlinge verglichen werden.

Die Tabellen l. c., p. 272—275 enthalten die numerischen Belege für die Wachsthumsverhältnisse, welche Kny bei seinen Keimlingsversuchen beobachtete, sei es am Spross, wenn diesem sein Wurzelsystem genommen war, sei es an der Wurzel, die man ihres Sprosses beraubt hatte.

Das Gesammtresultat seiner Versuche fasst Kny mit folgenden Worten zusammen (l. c., p. 279): „The general conclusion to be drawn from my experiments is that, in the seedlings of the species employed the growth of the roots and that of the shoots proceed with a high degree of independence.“ Auf p. 280

1) Anales of Botany, 1894, Bd. 8, p. 265.

können. Das Conidieantheridium selbst kann zu einem Sporangium werden oder den Dauerzustand eingehen; es fehlt ihm nur die Umbildungsfähigkeit zu einem Oogonium. Daraus zu schliessen, dass es ein männliches Organ sei oder ein solches war, ist nicht zulässig. Allein hier liegt ausser diesen Umständen noch der bemerkenswerthe Fortschritt vor, der das Antheridium der gewöhnlichen Oogonien vor dem Conidieantheridium auszeichnet. Dieser Specialfall der Durchwachsung muss allen diesen Thatsachen entsprechend zu nichts Anderem führen, als zur Bildung des hypogynen Antheridiums.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Fig. 1—3. Conidienbildungen von drei unbestimmten Saprolegnieen.

Fig. 1. *Saprolegnia* spec. I. Das Ende einer Conidiehyphe mit fingerartig gespreizten, stumpfen Conidienzacken. 110/1.

Fig. 2. *Saprolegnia* spec. II. Ein verzweigter Conidienstand; aufzufassen als eine „falsche Dichotomie", in welcher das Glied in *a* verkümmert ist. Neigung zu knolligen Conidienbildungen. 110/1.

Fig. 3. *Saprolegnia* spec. III. Ein verzweigter Conidienstand. Der untere Theil ist wickelähnlich; an jeder Biegung desselben ist eine rundliche Verdickung vorhanden. 110/1.

Fig. 4—17. *Saprolegnia esocina* nov. spec.

Fig. 4. Der seltene Fall eines Oogoniums, das von einem diklinen Antheridium umschlungen ist. 280/1.

Fig. 5. Eine Conidienkette, die in einem langen stumpfen Schlauche endigt. Die Form des Oogoniums von dem der unter ihm stehenden Conidie nicht verschieden. 280/1.

Fig. 6. Conidienstand mit Conidieoogonien mit deutlich sympodialer Aussackung. 280/1.

Fig. 7. Aehnlich der Fig. 6. Ein Sympodium, doch seitlich statt eines Dauerzustandes der Conidie ein Oogonium ausgebildet. Im conidienbildenden Faden sind keine Querwände ausgebildet. 280/1.

Fig. 8. Das Endstück einer Conidienreihe, abgeschlossen von einem Conidieoogonium, unter dem ein leeres Conidiesporangium und eine Dauerconidie sich befinden. 150/1.

Fig. 9. Conidienkette mit zwei in ihrer Entwickelung stehen gebliebenen Conidieoogonien mit Tüpfeln. 110/1.

Anstieg derselben aus. — Der Zeitraum, nach welchem eine solche Reaction eintrat, schwankte natürlich von Fall zu Fall, ebenso die Dauer dieser Wachsthumsretardirung, je nach den individuellen Eigenschaften des Versuchsobjectes. Dann aber begann wieder ein lebhaftes Wachsthum, in Abhängigkeit von der Thätigkeit, welche sich anlässlich der Wundheilung an der Abschnittsfläche des Sprosses vollziehen muss. Hierbei ging das Wurzelwachsthum unter Umständen so beschleunigt von Statten, dass die zunächst verursachte Wachsthumsverlangsamung nicht nur ausgeglichen wurde, sondern dass sich sogar schliesslich grössere Zuwachse herausstellten, als am unbeschädigt wachsenden Vergleichsobjecte.

Eine vorübergehende Wachsthumsretardirung machte sich aber in allen Fällen, wo der Spross abgeschnitten wurde, bemerklich. Eine so grosse Unabhängigkeit zwischen Wurzel- und Sprosswachsthum wie nach Kny, welcher nur nach den endlichen Wachsthumseffecten urtheilte, lässt sich nach den soeben mitgetheilten Beobachtungen wohl nicht mehr behaupten, wenn es dem Keimling auch möglich ist, so lange der Vorrath an Reservestoffen reicht, den Spross ohne Wurzelsystem, und umgekehrt, auf eine ziemlich hohe Stufe der Entwickelung zu bringen.

Auffälliger als bei der vorerwähnten Versuchsmethode zeigt sich die gegenseitige Wachsthumsabhängigkeit zwischen Spross- und Wurzelsystem in den folgenden Versuchen schon ohne mikrometrische Messung, in denen nicht durch Verlust, sondern durch mechanische Hemmung das Wachsthum unmöglich gemacht wurde. Als Mittel zur Wachsthumshemmung bediente ich mich eines genügend festen Gypsverbandes, der den zu hemmenden Theilen der Pflanze angelegt wurde.

Ueberall beobachtete ich in diesen Versuchen eine deutliche Wachsthumsverlangsamung des freibleibenden Systems in Abhängigkeit von dem dazugehörigen, welches im Gypsverbande lag. War der Spross eingegypst, so wuchs die Wurzel langsamer als die des frei vegetirenden Vergleichsobjectes und umgekehrt.

Ein Umstand, welcher die Retardirung des Wurzelwachsthums an einem Objecte, dessen Spross im Gypsverbande liegt, vielleicht nicht als alleinige Folge der Wachsthumshemmung durch den Gypsverband erscheinen lässt, wäre der, dass durch

besagten Verband der Sauerstoffzutritt eine gewisse Einschränkung erführe, welche ihrerseits schon genügen könnte, anlässlich mangelhafter Athmung ein verlangsamtes Wachsthum an der Wurzel zu verursachen.

Dass dieser Umstand wohl kaum als alleiniger das Wachsthum hemmender Factor in Betracht kommen kann, dürfte wohl aus dem nachstehenden Versuche mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit hervorgehen.

Keimlingssprosse (recht geeignet sind die von *Cucurbita*) wurden anstatt mit Gyps zunächst mit einer schmalen Mullbinde umgeben, dann aber so fest mit Zwirnsfaden und dünnem Draht umwunden, dass hierdurch eine Wachsthumshemmung erreicht war. Es ist wohl ausser Zweifel, dass ein derartiger Verband für Luft hinreichend durchlässig ist. Auch in diesem Falle wurde wie durch einen Gypsverband eine Wachsthumshemmung an der Wurzel hervorgerufen.

Andere Anhaltspunkte, die für eine genügende Sauerstoffversorgung im vorliegenden Falle sprechen, finden wir bei Pfeffer[1]). Nicht minder sind die Arbeiten von Stich[2]) und Wieler[3]) angethan, hier die Sauerstoffversorgung als eine hinlängliche erscheinen zu lassen.

Die Tabellen No. 1, 2 und 3 zeigen uns, in welcher Weise die Verhinderung des Sprosswachsthums sich auf die Wurzel geltend macht. Wäre nun in allen diesen Fällen der Sauerstoffmangel die einzige Ursache für ein solches verlangsamtes Wurzelwachsthum, so dürfte sich bei der Umkehrung des Versuches, d. h. beim Eingypsen der Wurzel unter Freilassung des Sprosssystems, wohl kaum eine Verlangsamung des Sprosswachsthums einstellen; denn die Sauerstoffaufnahme, welche durch die Wurzel im gelösten Zustande erfolgt, wird durch einen Gypsverband sicher nicht soweit beeinträchtigt. Eine Wurzel, die sich in einem Gypsverbande befindet, ist bezüglich der Wasserversorgung mindestens in einer ähnlichen Lage wie eine Wurzel, die in einem gleichmässig durchfeuchteten, consistenten Thone wächst.

1) Pfeffer, Druck und Arbeitsleistung, 1893, p. 327 u. 245.

2) Stich, Flora, 1891, p. 38—42.

3) Wieler, Unters. aus d. bot. Inst. zu Tübingen, Bd. I, 1881—85, p. 223 bis 224.

Für Wasser besitzt Gyps ja eine derartige Durchlässigkeit, dass man Wasser bequem durch ziemlich dicke Gypsplatten filtriren kann.

Wenn wir nun sehen, wie die Tabellen No. 4, 5 und 7b zeigen, dass sich auch hier eine deutliche Retardirung im Sprosswachsthum constatiren lässt, so bleibt es doch höchst unwahrscheinlich, dass auch die durch das Eingypsen des Sprosses bedingte Verlangsamung des Wurzelwachsthums ausschliesslich einer mangelhaften Sauerstoffversorgung zuzuschreiben sein sollte.

Zur Erklärung der vorliegenden Resultate ist es vor Allem nöthig, darauf zu achten, dass man es hierbei mit Eingriffen von zweierlei unter sich wesentlich verschiedener Art zu thun hat. Schneidet man den Spross einfach ab, so übt man einen einmaligen Reiz aus, der sich, wie wir oben gehört haben, durch ein vorübergehend verlangsamtes Wurzelwachsthum bemerkbar macht. Die Ursache zu diesem Effect ist also der unvermittelte Verlust des wachsenden Sprosses. Bald aber stellt sich an der Schnittfläche wieder eine Wachsthumsthätigkeit ein, um die entstandene Schnittwunde zu vernarben, Hand in Hand mit ihr beschleunigt sich auch wieder, augenscheinlich in Folge correlativen Zusammenhanges, das Wachsthum der Wurzel. Wenn nun die Schnittwunde vernarbt ist, sind für den Keimling gewissermassen wieder normale Verhältnisse hergestellt. Bezüglich der Nahrungsversorgung ist er zur Zeit noch nicht vom Spross abhängig, die Kotyledonen liefern alles, was gebraucht wird. Das Wachsthum wird unter Berücksichtigung der gegebenen Bedingungen neu regulirt und kann sich deshalb nun mit der üblichen Geschwindigkeit weiter vollziehen.

Anders liegen die Verhältnisse überall da, wo man es mit einem Gypsverbande zu thun hat, welcher irgend einem wachsthumsfähigen Theile Wachsthumsbethätigungen nicht gestattet. In solch' einem Falle steht der betreffende Organismus ununterbrochen unter dem Einflusse der Hemmung des angestrebten Wachsens; es ist ein dauernder Reiz vorhanden.

Während nach dem Abschneiden des Sprosses, oder auch von Seitenorganen, die Pflanze die Schnittwunden nur zu vernarben, dann aber mit den entfernten Theilen gar nicht mehr zu rechnen hat (die nöthige Nahrung liefern ja die Kotyledonen),

ist sie in diesem unseren Falle immer bestrebt, in sich thunlichst eine genügende Energiesumme zu entwickeln, die eventuell die Beseitigung des hindernden Verbandes ermöglichen soll. Dass dem in der That so ist, zeigt sich deutlich genug, wenn man den Gypsverband zu schwach wählte, ein solcher wurde durch die Wachsthumsbestrebungen des Sprosses schliesslich gesprengt.

Vermag es nun ein Spross nicht, sich seiner Gypshülle zu entledigen, so ist er gezwungen unter dem Einflusse des gehemmten Sprosswachsthums weiter zu vegetiren, und dieses spricht sich dann seinerseits in einer Verlangsamung des Wurzelwachsthums aus.

Wie innig Wurzel- und Sprosswachsthum zusammenhängen, mag ferner noch aus den Tabellen No. 2b, 4b und 5b hervorgehen, wo es sich deutlich zeigt, dass, sobald der eingegypst gewesene Theil wieder frei vegetiren kann und er beim Ausgypsen nicht zu arg verletzt wurde, alsbald ein beschleunigtes Wachsthum des dazugehörigen Spross- resp. Wurzelsystems wieder aufgenommen wird.

Ein anderes Beispiel, welches den einleitungsweise schon erwähnten Versuchen Goebel's, die Knospenschuppenmetamorphose betreffend, vielleicht an die Seite gestellt werden kann, zeigt uns, wie fernerhin in anderer Weise schon am Keimling räumlich getrennte Organe in correlativen Wachsthumsbeziehungen stehen können. Diese Versuche wurden mit verschiedenartigen Keimlingen der Gattung *Streptocarpus* vorgenommen.

Es ist bekannt, dass, während an diesen Keimlingen das eine der beiden Kotyledonen, sich fort und fort vergrössernd, bedeutende Dimensionen erreicht, das andere immer mehr und mehr zurückbleibt und schliesslich abstirbt[1]).

Gypste ich nun das für die Weiterentwickelung bestimmte Kotyledon ein, so nahm das normaler Weise rudimentär bleibende kleinere Keimblättchen an Stelle des eingegypsten eine Wachsthumsthätigkeit auf, vorausgesetzt, dass der Keimling noch nicht zu weit in seiner Entwickelung vorgeschritten war[2]).

---

1) F. Hielscher, Cohn's Beiträge zur Biologie der Pflanzen, Bd. III, 1883, p. 8.

2) Vergl. F. Hielscher, l. c., p. 9.

Ein entsprechender Effect lässt sich erreichen durch Abschneiden des grösseren Kotyledons. Der Neubildungsheerd bei unserem Keimling liegt am Blattgrunde. Gelingt es nun nicht, diesen beim Eingypsen genügend fest in den Gypsguss einzuschliessen, so findet im zweiten Keimblatt kein Wachsthumsbeginn statt, sondern der Blattgrund des eingegypsten Blattes entwickelt sich weiter wie zuvor. Ebenso beobachten wir nicht, wenn wir beim Abschneiden die neubildungsfähige Zone am Blattgrunde nur unvollständig entfernen, dass das andere Keimblatt mit einem Wachsthum einsetzt, sondern aus dem restirenden neubildungsfähigen Gewebe sprosst der Ersatz für den erlittenen Verlust hervor.

Es herrscht in diesem unseren Falle also sichtlich die Tendenz vor, aus der Verwundungsstelle, d. h. aus dem einmal in Neubildung begriffenen Gewebe heraus, Verlorenes zu ersetzen. Es existirt aber dennoch, wie wir schon beim Eingypsungsversuch sahen, wenn auch nur bis zu einem gewissen Entwickelungsstadium des zweiten Keimblattes, die Fähigkeit, zufolge correlativen Zusammenhanges eine Wachsthumsthätigkeit in diesem Keimblättchen zu erwecken.

Bei unseren früheren Beobachtungen über die Correlationen zwischen Spross- und Wurzelwachsthum sahen wir, dass die mechanische Hemmung an dem einen System eine Wachsthumsverlangsamung im dazugehörigen anderen nach sich zog; unsere Versuche mit den *Streptocarpus*-Keimlingen zeigen uns dagegen, dass die Hemmung des einen Organs neue Wachsthumsthätigkeiten in einem anderen zu erwecken im Stande ist, entsprechend den schon erwähnten Effecten, die durch Entfernen von Knospen verursacht werden.

Wir vermögen also mit ein und demselben mechanischen Mittel in einzelnen Fällen ganz verschiedene Wirkungen hervorzurufen, je nach den individuellen Eigenschaften des Versuchsobjectes, sowie nach dem Ort resp. Organ, an welchem man ein angestrebtes Wachsthum verhindert.

Es liegt nun die Frage sehr nahe, wie sich die einzelnen Organe verhalten, sei es am Spross- oder am Wurzelsystem, wenn an diesen in verschiedener Weise das Wachsthum eine Hemmung erfährt.

Nach unseren bisherigen Beobachtungen ist nicht vorauszusehen, wie sich die Wachsthumsverhältnisse im einzelnen Falle gestalten werden; wohl aber ist zu erwarten, dass jede Hemmung des einen Organs irgend eine Correlation an einem anderen bedingen wird.

Die Erörterung dieser Verhältnisse ist nicht nur von wissenschaftlichem Interesse, sondern sie hat auch für die Praxis eine gewisse Bedeutung. Es ist ohne Weiteres einleuchtend, dass vor Allem die im freien Lande wachsende Wurzel, der Spross seltener, auf eine ganze Reihe von Verhältnissen stossen muss, die ihrem Wachsthum auf irgend eine Weise hinderlich werden. Sei es, dass die Wurzel gezwungen ist, dauernd den Widerstand eines consistenten Bodens zu überwinden, oder sei es auch, dass dieselbe unvermittelt local gehemmt wird, etwa dadurch, dass sie mit ihrer Spitze in einen engen Kanal des Gesteins geräth, der ihr ein Wachsthum vollkommen unmöglich macht, oder möge in beliebig anderer Weise eine Behinderung des Wachsthums erreicht werden.

B. Wachsthumscorrelationen des Wurzelsystems.

Zum Studium dieser Verhältnisse ist es nöthig, die verschiedenen Variationen der Wachsthumsbehinderung an der Wurzel künstlich herbeizuführen. So benutzte Pfeffer[1]), um zu constatiren, welchen Einfluss ein consistentes Medium, in dem eine Wurzel wächst, auf das Wachsthum derselben ausübt, zunächst plastischen Thon und fand, dass eine mit der Consistenz des Thones steigende Wachsthumsverlangsamung in der Wurzel eintrat.

Da es jedoch bei dieser Versuchsanstellung in Folge der Undurchsichtigkeit des Thones unmöglich war die Wachsthumsvertheilung dauernd zu beobachten, vertauschte Pfeffer den Thon mit der durchsichtigen Gelatine[2]), die ja auch im Stande ist bei genügender Consistenz[3]) einer in ihr wachsenden Wurzel gewissen Widerstand zu leisten.

1) Pfeffer, Druck und Arbeitsleistung, 1893, p. 323.

2) Pfeffer, Druck und Arbeitsleistung, 1893, p. 342.

3) Pfeffer, Untersuchungen aus dem bot. Institut zu Tübingen, 1881—85, Bd. I, p. 489; ferner Pfeffer, Druck und Arbeitsleistung, 1893, p. 342, Anm. 1.

Die Resultate, welche diese Versuche ergaben, finden wir bei Pfeffer, l. c., p. 342. Es hat sich jedoch herausgestellt, wie Pfeffer bereits selbst veröffentlicht hat[1]), dass hierbei ein Irrthum untergelaufen ist. In der That ist weder durch vollkommene, noch durch partielle Hemmung angestrebten Wachsens weder eine Verlegung des Wachsthums von subapicalen Theilen auf die apicalen, noch eine Wachsthumsbeschleunigung in der Wurzelspitze zu erreichen.

Die gegentheilige Annahme, zu der Pfeffer bei obigen Versuchen kam, war dadurch bedingt, dass, wie auch schon l. c. von Pfeffer kurz beschrieben ist, die Tuschmarken, welche der Wurzel zur mikroskopischen Verfolgung aufgesetzt wurden, nicht fest genug auf der Wurzel hafteten, sondern beim Wachsen sich von ihr loslösten. Die Gelatine, in welche die Wurzel eingeschmolzen war, hielt die Tuschmarken in sich fest.

Hierdurch wird sehr leicht der Schein eines beschleunigten Spitzenwachsthums erweckt, weil ja die Wurzel nach genügender Anschwellung der Aussenenergie unter den Tuschmarken, die im Wesentlichen meist ihren gegenseitigen Abstand bewahren, hervorwächst. Die Wurzelspitze entfernt sich also thatsächlich, und zwar relativ schnell, von der untersten Tuschmarke.

Um nun bei meinen Versuchen nicht einer solchen Fehlerquelle unterworfen zu sein, benutzte ich zur Beobachtung ausser Tuschmarken noch kleine, haarfeine Stiftchen aus Kobaltglas[2]), welche neben den aufgesetzten Tuschmarken in die Wurzel (vergl. Tabelle No. 6) eingestochen wurden. Dies geschah derart, dass das nach aussen gewandte Ende des Glasstiftchens mit seiner Querschnittsfläche nicht aus der Wurzel hervorragte, jedoch von aussen noch deutlich sichtbar blieb. Man benutzte hierzu Kobaltglas, weil dieses ob seiner Färbung klarer durch das Mikroskop zu erkennen ist.

---

1) Pfeffer, Pringsheim's Jahrbücher der wissenschaftl. Botanik, 1895, Bd. XXVII, p. 481.

2) Solche Kobaltstifte lassen sich bequem gewinnen, wenn man eine leicht schmelzbare, gewöhnliche Glasröhre mit wenig Kobaltchlorür beschickt, dieses mit dem Glase vor dem Gebläse öfters niederschmilzt und dann nach der bekannten Methode lange Fäden auszieht. Diese besitzen in der Regel an ihren dünnsten Stellen den erwünschten Durchmesser.

Ich beobachtete hierbei, wie aus der Tabelle No. 6 ersichtlich ist, die übliche normale Wachsthumsvertheilung, gleichzeitig aber auch, dass die Tuschmarken, trotz scheinbaren Haftens, in Wirklichkeit doch auf der Wurzel gleiten.

Es ist demnach Gelatine kein geeignetes Medium, um in der Wurzel etwa eine Wachsthumsverlegung nach der Spitze zu zu bewirken, resp. dieser ein beschleunigtes Wachsthum zu induciren. Gelatine ist nicht resistent genug hierzu, wohl aber dürfte ein entsprechender Gypsverband die erwünschte Eigenschaft besitzen.

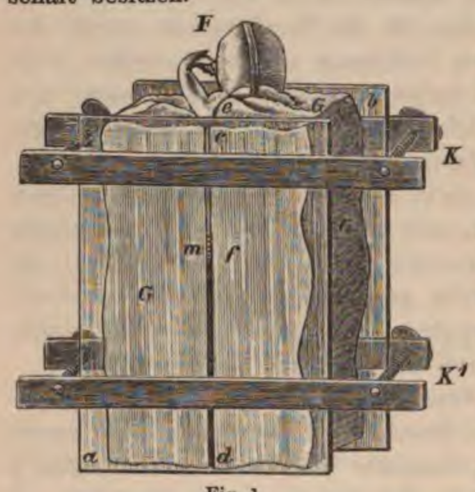


Fig. 1.

Der *Faba*-Keimling **F** ragt mit seiner bei *m* mit Marken versehenen Wurzel bis zu *f* in die Rinne *c*—*d*. Die Gypsplatte *G* ist zwischen die Glasplatten *a* und *b* durch die Klammern *K* und K^1 fest eingeschraubt.

Zu dem Ende gypste ich die Wurzel, beispielsweise eines *Faba*-Keimlings, so ein, wie dies in Fig. 1 dargestellt ist.

Die Gypsplatte *G* mit der Rille *c*—*d*, der in ihrem oberen Theile die Form der Versuchswurzel gegeben wurde, ist zwischen zwei haltbare Glasplatten *a* und *b* fest eingeschraubt. Man verwendete Glasplatten, um das Wachsthum dauernd beobachten zu können. Die Glasscheibe *a* ist leicht abnehmbar, damit jeder Zeit eine Neumarkirung auf der Wurzel möglich sei. Der Keimling **F** steht mit dem Gypsguss *G* in festem Zusammenhange. Das Wachsthum gestaltete sich bei diesem Versuche folgendermassen:

War der Durchmesser der Rinne *d*—*f* annähernd gleich dem der Wurzel oder nur wenig kleiner, so konnte ein langsames Wachsthum in die Rinne hinein constatirt werden, jedoch, wie an den Marken ersichtlich war, nicht an der Spitze, sondern in der normalen Wachsthumszone. War der Durchmesser der

Rinne *d—f* jedoch erheblich kleiner als der der Versuchswurzel, so fand überhaupt kein Wachsthum statt, auch in der Wurzelspitze stellte sich keine Wachsthumsthätigkeit ein.

Um nun darüber sicher zu sein, dass der Ausbleib der Wachsthumsverlegung auf die Spitze nicht etwa dadurch bedingt war, dass die enge Rinne *d—f* auch der meristematischen Spitze ein gewisses Hemmniss bot, stellte ich noch folgenden Versuch an:

Ich bettete die ganze Wurzel so weit in einen festen Gypsguss, dass nur noch die 1 mm lange Wurzelspitze aus jenem hervorsah. Da auch hierbei noch leicht ein Gleiten der Wurzel aus dem Gypsverbande heraus stattfindet, verwendete ich zum Umgypsen der Streckungszone einen sich thunlichst fest anschliessenden, consistenteren Gypsbrei und fügte diesen portionsweise unter häufigem Andrücken der Wurzel an. Auf diese Weise eingegypste Wurzeln zeigten fast nie ein Wachsthum, auch nicht ein apicales.

Wenn ein Zuwachs beobachtet wurde, so war dieser immer dadurch zu Stande gekommen, dass in Folge des Wachsthums in der Streckungszone die Spitzentheile aus dem Gypsverbande mechanisch herausgeschoben worden waren.

Ich constatirte diese Thatsache wiederum dadurch, dass ich ca. 3 mm hinter der Wurzelspitze vor dem Eingypsen ein kleines Kobaltglasstiftchen, wie schon früher beschrieben, in die Wurzel einstach.

Ueberall da, wo sich Zuwachse zeigten, kam auch das besagte Glasstiftchen mit der Wurzel aus dem Gypsverbande heraus zum Vorschein und zwar noch in derselben Entfernung von der Wurzelspitze, in welcher es vor Beginn des Versuches eingestochen worden war.

Während der Versuchszeit wurden die so präparirten Versuchsobjecte bis an die Kotyledonen in Wasser gehalten.

Nach alledem, was wir bisher beobachtet haben, ist es klar, dass weder durch totale, noch partielle Wachsthumshemmung der subapicalen Theile eine correlative Wachsthumsthätigkeit in der Spitze erweckt werden kann.

Mit der Zeit freilich vermag es eine Wurzel wohl, wenn auch nur langsam in ihrer Entwickelung fortschreitend, schliess-

lich doch einen engen Kanal zu durchwachsen, ein Fall, der in der freien Natur ja häufig eintreten muss.

Wird das Wachsthum nur partiell gehemmt, wie in Pfeffer's oben erwähnten Versuchen mit plastischem Thone, so hat dies zwar auf die Wachsthumsgeschwindigkeit, nicht aber auf die Vertheilung des Wachsthums einen Einfluss.

Findet eine totale Hemmung des Wurzelwachsthums statt, so gehen, wie dies von Pfeffer[1]) überzeugend gezeigt worden ist, zwar die subapicalen Theile allmählich in Dauergewebe über, das Urmeristem aber und das zunächst anschliessende Gewebe behält seine Wachsthumsfähigkeit selbst noch Wochen lang bei[2]).

Das Wachsthum, welches nach dem Entgypsen wieder begonnen wird, ist in einem solchen Falle ebenso wie der totale Zuwachs, natürlich der Grösse der wachsthumsthätigen Zone entsprechend, Anfangs nur gering, nimmt aber naturgemäss mit der Vergrösserung der wachsenden Zone zu.

Einfluss der mechanischen Hemmung des Dickenwachsthums.

Durch die mit dem vorigen Experiment erwiesene Thatsache ist aber die Frage noch nicht entschieden, ob es nicht möglich sei, an einer Wurzel eine Wachsthumsbeschleunigung in der normalen Wachsthumszone herbeizuführen dadurch, dass man nur Partien, die ihr Längenwachsthum schon vollendet haben, an ihrem Dickenwachsthume hindert, natürlich gleichzeitig damit auch das Hervorbrechen der Nebenwurzeln unmöglich macht. Der Erfolg zeigte aber gerade das Gegentheil, er bestätigte, wie der vorhergehende Versuch, die Unmöglichkeit einer Wachsthums- beziehentlich Energieverlegung fast noch deutlicher als jener.

Während man im vorigen Versuche auch die Streckungszone beim Eingypsen in Mitleidenschaft gezogen hatte, man demnach

---

1) Pfeffer, Druck und Arbeitsleistung, 1893, p. 352.

2) So haben Wurzeln von Faba und Mais, nach Pfeffer, l. c., p. 351, die nach 28 Tagen aus dem Gypsverbande herausgenommen wurden, die Wachsthumsthätigkeit an ihrer Spitze wieder aufzunehmen vermocht.

den Wachsthumsausbleib in der Spitze den abnormen Verhältnissen, in die man die Streckungszone gebracht hatte, zuschreiben konnte, kann hiervon beim nachstehenden Versuche nicht die Rede sein; denn die Streckungszone wird in keiner Weise beeinflusst.

Diesbezügliche Versuche wurden mit mehreren Objectserien angestellt, es möge genügen, über eine derselben mit *Faba*-Wurzeln in Tabelle No. 7 eine zahlenmässige Uebersicht zu geben.

Der Versuch wurde folgendermassen ausgeführt: Zehn *Faba*-Keimlinge, welche paarweise in ihrer Entwickelung vollkommen gleich weit waren, wurden in einer Cuvette voll Wasser so aufgehangen, dass ihre Kotyledonen eben das Wasser berührten. Der eine von jedem der fünf Keimlingspaare wurde als Vergleichsobject vollständig frei wachsen gelassen, nur 12 mm von der Wurzelspitze rückwärts mit einer Tuschmarke versehen, am anderen dagegen die Wurzel in fast derselben Weise wie beim vorhergehenden Experimente mit einem Gypsverbande umgeben, jedoch unter Freilassung der Streckungs- und meristematischen Zuwachszone, welche zusammen die Länge von 12 mm in der Regel nicht überschreiten. Es wurde daher ein 12 mm langes Wurzelende freigelassen.

Ein Hingleiten der Wurzel im Gypsverbande kann hierbei nicht in Frage kommen, weil die in demselben liegenden Theile nicht mehr in die Länge wachsen.

Alle 24 Stunden wurden mit dem Maassstabe Messungen vorgenommen, am frei wachsenden Objecte von der Tuschmarke an bis zur Wurzelspitze, am anderen vom Gypsgusse an.

Es ist aus der Tabelle No. 7 genügend klar ersichtlich, einen wie stark hemmenden Einfluss dieser Gypsverband auf die Thätigkeit der Wachsthumszone binnen acht Tagen ausgeübt hat. Die Versuchszeit über längere Zeiträume als etwa acht Tage auszudehnen hat deshalb seine Bedenken, weil mit zunehmendem Nebenwurzelwachsthum ein Vergleich der Hauptwurzellängen schon in Folge der verschiedenen Anzahl von Nebenwurzeln immer weniger genau ein Ausdruck des gesammten Wurzelwachsthums wird.

Besonders zu erwähnen ist noch, dass bei diesen Versuchen während der in der Tabelle controlirten Zeit auch die Bildung

der Nebenwurzeln am frei bleibenden Theile nach der Spitze zu keine Beschleunigung erfuhr. Wohl aber findet die Ausbildung der Nebenwurzeln, zu deren Entwickelung sich vereinzelt oberhalb des Gypsgusses Gelegenheit geboten hatte, mit einer derartigen Beschleunigung statt, dass dieselben schliesslich die Hauptwurzeln an Länge überragt hatten.

Es ist dies ein deutlicher Beweis dafür, wie ein und derselbe äussere Eingriff gleichzeitig rückwärts Correlationen verursachen kann, die in einer gewissen Wachsthumsbeschleunigung zum Ausdruck kommen, während nach der Spitze zu der durch diesen Eingriff bedingte Effect in einer Wachsthumsverlangsamung besteht.

Einfluss mechanischer Wachsthumshemmung der apicalen Zone.

Nachdem im Bisherigen zur Genüge die Unmöglichkeit dargethan ist, an einer Wurzel das Wachsthum von der Streckungszone auf die meristematische Wurzelspitze, ferner dasselbe von solchen Zonen, die nur in die Dicke wachsen, auf die Streckungszone durch mechanische Hemmung zu verlegen, resp. dort eine Wachsthumsbeschleunigung dadurch zu bewirken, ist nun weiter zu erörtern, wie die Wurzel auf die Umkehrung der bisherigen Versuche reagiren wird. Ob es möglich ist, in Folge mechanischer Hemmung eine Wachsthumsverlegung von den Spitzentheilen einer Wurzel auf deren ältere Partien zu bewirken, derart, dass wenn man der Spitze durch Eingypsen ein Wachsthum nicht gestattet, die darüberliegenden, noch unvollkommen ausgebildeten und nicht umgypsten Zellencomplexe die Functionen des Spitzenmeristems übernehmen, in ihnen also von Neuem eine Zelltheilung beginnt, und dadurch der Neubildungsheerd, der normal im Meristem liegt, eine Verlegung auf die subapicale Zone erfährt.

Den zur Feststellung dieser Verhältnisse erforderlichen Experimenten stellten sich zunächst einige technische Hindernisse entgegen, die eine Reihe von Hilfsversuchen nöthig machten.

Es ist z. B. vollständig unmöglich, ohne besondere Vorkehrungen dem kurzen Spitzentheil einer Wurzel derartig einen

Gypsverband anzulegen, dass im eingegypsten Theile auch thatsächlich eine Sistirung des Wachsthums stattfände.

Wollte man dahingehende Versuche einfach in der Weise anstellen, dass man einer Wurzel einen Gypsblock angiesst, und dann die Wurzel in früher erwähnter Weise in Wasser hängen, so würde man zunächst durch das Gewicht des Gypses eine Zugwirkung auf die Wurzel ausüben, auf welche die Wurzel unvermeidlich in irgend einer Weise reagiren müsste, so dass man die Endreaction nicht als den alleinigen Erfolg der durch den Gypsguss bedingten Hemmung des Spitzenwachsthums würde ansprechen können. Ferner würde man auf diese Weise wohl eine vorübergehende Verlangsamung des Wachsthums, aber nie eine Sistirung desselben herbeiführen können, da ein solcher Gypsguss früher oder später theils wegen seiner eigenen Schwere, theils in Folge des Wachsthums der Wurzel sich loslösen würde.

Um nun die Zugwirkungen, die ein solcher Gypsguss auf die Wurzel, an der er haftet, ausübt, zu vermeiden, umgab man ihn mit einem entsprechenden Korkschwimmer, d. h. einem Korkringe, der in Folge seiner geringen specifischen Schwere das Uebergewicht, welches der Gyps über das Wasser hat, compensirte, so dass ein derartiger Verband annähernd im Wasser schwebte, wenigstens nicht untersank. Hiermit war aber noch nicht erreicht, dass die Wurzel auch so fest im Gypsverbande fixirt war, dass sie nicht aus demselben hätte herausgleiten können.

Zu dem Ende mussten besondere Angriffspunkte für den Gypsguss geschaffen werden.

Ausgeschlossen von der Reihe dieser Versuche ist jener Fall, in welchem nur die meristematischen, äussersten 1—2 mm an der Spitze am Wachsthum zu behindern sind. Hierfür liess sich kein Mittel finden, welches eine genügende Fixirung gewährt hätte, wohl aber gelang es schon für Strecken von 4 mm. Der Erfolg mit 1—2 mm breiten Spitzenverbänden würde kaum etwas Anderes besagt haben, als der der nachstehenden Versuche, in denen die äussersten 4 mm mit einem Gypscylinder von ca. 1 cm Durchmesser umgeben wurden, da ja auch hier oberhalb des Verbandes sich noch eine Zone befindet, deren Zellen in vollster Entwickelung begriffen sind, wie aus den

Spalten C und D der Tabelle No. 8 aus den Streckungszuwachsen ersichtlich ist.

Die nöthige Fixirung der Wurzelspitze im Gypsverbande erreichte man nun dadurch, dass man innerhalb der äussersten 4 mm von der Spitze rückwärts diese an drei verschiedenen Stellen mit dünnen Hanffasern umband, so dass dadurch dem Gyps feste Anhaltspunkte geboten wurden. Auf diese Weise eingegypste Wurzelspitzen sassen so fest, dass nie ein Gleiten aus dem Verbande heraus beobachtet werden konnte.

Um zu constatiren, ob solche Unterbindungen, die allerdings eine gewisse Einschnürung herbeiführten, das Wachsthum in irgend einer Weise beeinflussen, wurden Controlversuche gemacht, indem man zwei Serien von je 20 Wurzeln (vergl. Tabelle No. 8, Versuchsreihe I und II) unter nachstehenden Verhältnissen beobachtete:

Die erste Serie, deren Durchschnittswerthe sub IB und C in der Tabelle No. 8 aufgezeichnet wurden, liess man vollständig frei in Wasser wachsen, bei den 20 Vergleichskeimlingen der anderen Serien, IIB und C, wurden innerhalb der vier äussersten, von der Wurzelspitze rückwärts liegenden Millimeter vorerwähnte drei Unterbindungen vorgenommen. Wie aus den Tabellen hervorgeht, haben diese Unterbindungen keinen merklichen Einfluss auf Streckung und Zuwachs ausgeübt; denn die nach der Tabelle resultirende Durchschnittsdifferenz von 1,1 mm ist nicht als durch jene Unterbindungen bedingt zu betrachten, sondern durch die individuelle Wachsthumsverschiedenheit einer begrenzten Anzahl von Vergleichsobjecten. Aehnliche Differenzen stellen sich heraus, wenn man die Durchschnittswerthe einer gleichen Anzahl von Versuchsobjecten für die homologen Millimeter an vollständig frei wachsenden Vergleichsserien berechnet.

Die dritte Versuchsreihe der Tabelle No. 8 zeigt natürlich sub B keinen Zuwachs an.

Vergleicht man in der Tabelle No. 8, Columne D den Einfluss, den das Unterbinden resp. Eingypsen auf die weiter rückwärts liegenden Millimeter 5—10 ausgeübt hat, mit den äquidistanten der frei wachsenden Objecte, so ergiebt sich dabei auf's Deutlichste, dass derselbe auch diesbezüglich von keiner Bedeutung ist; denn die Differenz beträgt hier sogar nur 0,1 mm.

Aus der Tabelle No. 8 geht nicht hervor, wie sich die Zuwachse nach längerer Zeit als nach 24 Stunden gestaltet haben. In den beiden Serien I und II verlief das Wachsthum normal, auch bei III konnte kein abnormer Zuwachs oberhalb des Gypsverbandes constatirt werden, deshalb ist die Tabelle nicht weiter fortgeführt worden. In Serie III begannen jedoch früher die Nebenwurzeln hervorzubrechen, in Folge des sistirten Längenwachsthums der Hauptwurzel, als in den beiden anderen Serien.

Es hatte sich also auch bei dieser Versuchsanstellung keine Wachsthumsverlegung von den jüngeren Gewebeschichten auf die älteren ergeben, anstatt dessen aber hatte, in Folge der bestehenden correlativen Beziehungen, die mechanische Wachsthumsbehinderung diejenigen Zellen, welche geeignet waren die Ausgangspunkte für Nebenwurzeln zu bilden, derartig beeinflusst, dass sich diese Nebenwurzeln früher bildeten, als sie es unter normalen Verhältnissen gethan haben würden. Der Effect des Eingypsens ist in diesem Falle derselbe wie derjenige, den das Abschneiden der 4 mm langen Wurzelspitze nach sich zieht.

Man kann hieraus deutlich genug ersehen, dass es der Pflanze bei ihrer correlativ regulatorischen Thätigkeit weniger auf den Besitz gewisser Organe ankommt, als vielmehr darauf, dass dieselben ihre Functionen, da wo es angeht, dem Bedarf entsprechend erfüllen, thun sie das nicht, so setzt sie mit ihrer regulatorischen Thätigkeit ein und schafft entsprechenden Ersatz. Es hat kein besonderes Interesse, hier des Näheren zu verfolgen, wie sich der zeitliche Verlauf der Nebenwurzelbildung gestaltet, wenn man derartige Hemmungsverbände von verschiedener Breite den Wurzelspitzen anlegt, das Wesen der Sache bleibt immer dasselbe. Ebenso kann es hier unterlassen werden, auf die anatomisch morphologischen Differenzen, die durch ein solches Eingypsen bedingt sind, einzugehen, es gelten dieselben Beobachtungen für unseren Fall, wie dieselben von Pfeffer l. c., p. 351—361 des Specielleren behandelt worden sind.

Aus den bisherigen Resultaten, die wir über die in der Wurzel bestehenden Wachsthumscorrelationen durch unsere Versuche gewonnen haben, ersehen wir, dass nicht alle wachsthumsfähigen Theile an der Wurzel im Stande sind, in Folge correlativen Zusammenhanges ein beschleunigtes Wachsthum zu beginnen, falls

Einfluss mechanischer Wachsthumshemmung subapicaler Theile.

Ueber das Verhalten, welches ein Spross zeigt, wenn man seine Spitze frei lässt, die von ihr rückwärts liegenden Theile aber in Gyps einschliesst, wurden ebenfalls Beobachtungen angestellt. Zu den diesbezüglichen Versuchen verwendete man Serien verschiedenartiger Keimlinge, wie *Lupinus, Vicia Faba, Pisum sativum, Helianthus, Cucurbita Pepo* und *pyriformis*. Da auch hier die resultirenden Correlationen bei den einzelnen Versuchsobjecten ihrem Wesen nach übereinstimmten, möge es genügen, nur einen speciellen Fall mit Zahlen zu belegen. Es ist dies ein Versuch, welcher in Tabelle 9 in seinen Einzelheiten zum Ausdruck gebracht ist und mit einer Reihe von Keimlingen der *Cucurbita pyriformis* vorgenommen wurde. Fig. 2 und 3 veranschaulichen die in der Tabelle No. 9 mit Zahlen belegten Verhältnisse.



Fig. 2.

Von den beiden gleichgrossen Keimlingen **A** u. **B** der *Cucurbita pyriformis* in Fig. 2 wurde **B** am 4. II. 95 in den Gypsguss *G* so eingebettet, dass nur noch die 5 mm *F* des Hypokotyls frei blieben. **A** vegetirte frei.



Fig. 3.

Fig. 3 zeigt die Wachsthumsdifferenzen, die sich nach 7 tägigem Wachsthum im Dunkeln zwischen den beiden Keimlingen **A** und **B** unter den besagten Verhältnissen herausgebildet haben.

Wir ersehen aus den geringen Zuwachsen, welche die eingegypsten Keimlinge im Gegensatz zu den frei vegetirenden Vergleichsobjecten aufweisen, auch für das Sprosssystem die Thatsache bestätigt, dass eine derartige Entwickelungsunterdrückung im Wachsthum begriffener Theile nicht eine Beschleunigung an den mechanisch unbehindert bleibenden

jungen Theilen des betreffenden Individuums verursacht, dass im Gegentheil auch die mechanisch nicht behinderten Theile, in Folge correlativen Zusammenhanges mit jenen, in ihrem Wachsthum zurückbleiben.

Spross- und Wurzelsystem zeigen also nach dieser Richtung hin vollständige Uebereinstimmung in ihren Wachsthumscorrelationen.

Die innerlich obwaltenden Verhältnisse werden auch hier dieselben sein, wie die beim entsprechenden Versuche, der mit *Faba*-Wurzeln angestellt wurde.

Bei allen bisher beschriebenen Hemmungsversuchen handelt es sich stets um eine gleichzeitige Unterdrückung sowohl des Längen- als auch des Dickenwachsthums, so dass leicht die Frage aufgeworfen werden könnte, ob nicht nur die Hemmung des Dickenwachsthums die alleinige Ursache für die beobachteten Hemmungseffecte, sowie die Unmöglichkeit einer Wachthumsverlegung sei, vielleicht in Folge der durch sie bedingten Einengung der Leitungsbahnen?

Zur Beantwortung dieser Frage stellte ich zunächst eine Anzahl von Versuchen an, in denen durch Unterbindungen verschiedener Art und an verschiedenen Orten des Sprosses, wie Aehnliches schon früher (vergl. Tabelle No. 8, II) an Wurzeln geschehen ist, die Leitungsbahnen eingeengt wurden. Die Resultate einer kleinen Anzahl von derartigen Versuchen sind in Tabelle No. 10 zusammengestellt, sie zeigen deutlich genug, dass diese einfachen Einengungen solche Effecte nicht zu erzielen vermögen.

Um nun die Hinderung des Dickenwachsthums, die bisher immer mit der gleichzeitigen Verlangsamung resp. Sistirung des Längenwachsthums verbunden war, von einander zu trennen, so dass wohl das Längenwachsthum, nicht aber das Wachsthum in die Dicke verhindert wird, bedarf es besonders geeigneter Versuchsobjecte. Wurzeln gestatten in Folge ihres annähernd cylindrischen Baues solche Versuche nicht, wohl aber diejenigen Keimlinge, welche ein hypokotyles Stengelglied besitzen, wie *Helianthus*, *Cucurbita*, *Lupinus* etc. Mit solchen Objecten wurden diesbezügliche Versuche in folgender Weise angestellt.

Der betreffende Keimling, vide Fig. 4, von annähernd 50 mm Sprosslänge, wurde sorgfältig aus der Erde herausgenommen. Dann führte man sein Wurzelsystem, sowie das hypokotyle Stengelglied bis an die Kotyledonen durch eine Glasröhre von der Länge des Sprosses. Der Lumendurchmesser derselben übertraf die Dicke des Sprosses um annähernd 2—3 mm, so dass dieser noch in die Dicke wachsen konnte, ohne die Wandungen der Glasröhre zu berühren. Mit dieser Glasröhre *c—d* umgeben, pflanzte man den Keimling wieder in die Erde. Die basale Zone *a—b* des Sprosses **A** bis zu einer Höhe von etwa 15 mm war ziemlich fest mit Watte umgeben, um einem Ausbiegen in der Glasröhre thunlichst vorzubeugen. Die eine Längshälfte der Glasröhre war durch Anschmelzen von kleinen Glasspitzen und ähnlichen Erhebungen rauh gestaltet, um dieselbe mit dem den Kotyledonen anzulegenden Gypsverbande *C—D* in möglichst festen Zusammenhang bringen zu können. Das Eingypsen der Kotyledonen geschah derart, dass dieselben vollständig in einen festen Gypsguss zu liegen kamen, nur soviel Raum wurde ausgespart, dass das Epikotyl *E* sich hätte ungehindert entwickeln können.

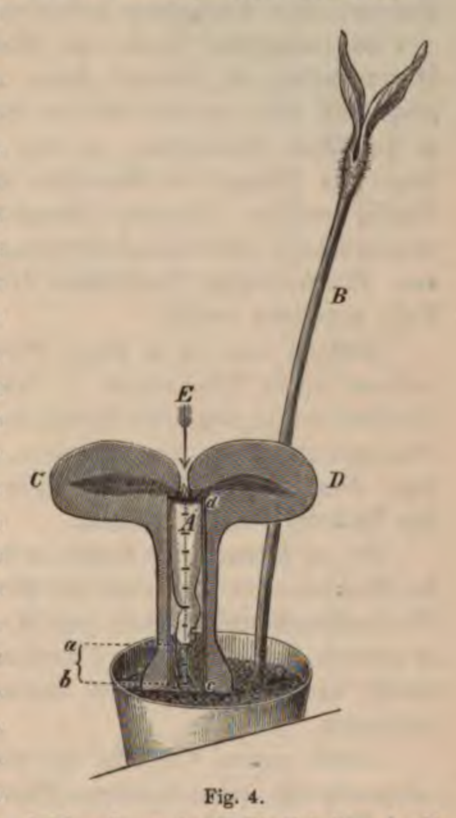


Fig. 4.

▒ = Gypsverband. Die Keimlinge **A** u. **B** von *Cucurbita Pepo* waren am 12. II. 95 gleich gross (= 50 mm). **A** wurde an diesem Tage in obiger Weise durch einen Gypsverband an seinem freien Wachsthum behindert. Bis zum 16. II. hatte sich die durch Fig. 4 veranschaulichte, zwischen den beiden Keimlingen **A** u. **B** bestehende Differenz herausgebildet.

jungen Theilen des betreffenden Individuums verursacht, dass im Gegentheil auch die mechanisch nicht behinderten Theile, in Folge correlativen Zusammenhanges mit jenen, in ihrem Wachsthum zurückbleiben.

Spross- und Wurzelsystem zeigen also nach dieser Richtung hin vollständige Uebereinstimmung in ihren Wachsthumscorrelationen.

Die innerlich obwaltenden Verhältnisse werden auch hier dieselben sein, wie die beim entsprechenden Versuche, der mit *Faba*-Wurzeln angestellt wurde.

Bei allen bisher beschriebenen Hemmungsversuchen handelt es sich stets um eine gleichzeitige Unterdrückung sowohl des Längen- als auch des Dickenwachsthums, so dass leicht die Frage aufgeworfen werden könnte, ob nicht nur die Hemmung des Dickenwachsthums die alleinige Ursache für die beobachteten Hemmungseffecte, sowie die Unmöglichkeit einer Wachthumsverlegung sei, vielleicht in Folge der durch sie bedingten Einengung der Leitungsbahnen?

Zur Beantwortung dieser Frage stellte ich zunächst eine Anzahl von Versuchen an, in denen durch Unterbindungen verschiedener Art und an verschiedenen Orten des Sprosses, wie Aehnliches schon früher (vergl. Tabelle No. 8, II) an Wurzeln geschehen ist, die Leitungsbahnen eingeengt wurden. Die Resultate einer kleinen Anzahl von derartigen Versuchen sind in Tabelle No. 10 zusammengestellt, sie zeigen deutlich genug, dass diese einfachen Einengungen solche Effecte nicht zu erzielen vermögen.

Um nun die Hinderung des Dickenwachsthums, die bisher immer mit der gleichzeitigen Verlangsamung resp. Sistirung des Längenwachsthums verbunden war, von einander zu trennen, so dass wohl das Längenwachsthum, nicht aber das Wachsthum in die Dicke verhindert wird, bedarf es besonders geeigneter Versuchsobjecte. Wurzeln gestatten in Folge ihres annähernd cylindrischen Baues solche Vers[illegible]icht, wohl aber diejenigen Keimlinge, welche ein hypok[illegible]elglied besitzen, wie *Helianthus*, *Cucurbita*, *Lupinus* etc. [illegible]en Objec[illegible]urden diesbezügliche Versuche in fol[illegible]e ang[illegible]

Der betreffende Keimling, vide Fig. 4, von annähernd 50 mm Sprosslänge, wurde sorgfältig aus der Erde herausgenommen. Dann führte man sein Wurzelsystem, sowie das hypokotyle Stengelglied bis an die Kotyledonen durch eine Glasröhre von der Länge des Sprosses. Der Lumendurchmesser derselben übertraf die Dicke des Sprosses um annähernd 2—3 mm, so dass dieser noch in die Dicke wachsen konnte, ohne die Wandungen der Glasröhre zu berühren. Mit dieser Glasröhre *c—d* umgeben, pflanzte man den Keimling wieder in die Erde. Die basale Zone *a—b* des Sprosses **A** bis zu einer Höhe von etwa 15 mm war ziemlich fest mit Watte umgeben, um einem Ausbiegen in der Glasröhre thunlichst vorzubeugen. Die eine Längshälfte der Glasröhre war durch Anschmelzen von kleinen Glasspitzen und ähnlichen Erhebungen rauh gestaltet, um dieselbe mit dem den Kotyledonen anzulegenden Gypsverbande *C—D* in möglichst festen Zusammenhang bringen zu können. Das Eingypsen der Kotyledonen geschah derart, dass dieselben vollständig in einen festen Gypsguss zu liegen kamen, nur soviel Raum wurde ausgespart, dass das Epikotyl *E* sich hätte ungehindert entwickeln können.

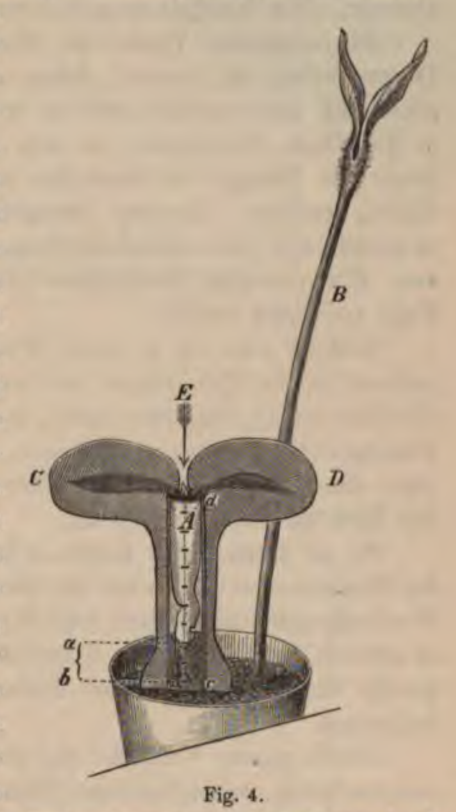


Fig. 4.

▭ = Gypsverband. Die Keimlinge **A** u. **B** von *Cucurbita Pepo* waren am 12. II. 95 gleich gross (= 50 mm). **A** wurde an diesem Tage in obiger Weise durch einen Gypsverband an seinem freien Wachsthum behindert. Bis zum 16. II. hatte sich die durch Fig. 4 veranschaulichte, zwischen den beiden Keimlingen **A** u. **B** bestehende Differenz herausgebildet.

jungen Theilen des betreffenden Individuums verursacht, dass im Gegentheil auch die mechanisch nicht behinderten Theile, in Folge correlativen Zusammenhanges mit jenen, in ihrem Wachsthum zurückbleiben.

Spross- und Wurzelsystem zeigen also nach dieser Richtung hin vollständige Uebereinstimmung in ihren Wachsthumscorrelationen.

Die innerlich obwaltenden Verhältnisse werden auch hier dieselben sein, wie die beim entsprechenden Versuche, der mit *Faba*-Wurzeln angestellt wurde.

Bei allen bisher beschriebenen Hemmungsversuchen handelt es sich stets um eine gleichzeitige Unterdrückung sowohl des Längen- als auch des Dickenwachsthums, so dass leicht die Frage aufgeworfen werden könnte, ob nicht nur die Hemmung des Dickenwachsthums die alleinige Ursache für die beobachteten Hemmungseffecte, sowie die Unmöglichkeit einer Wachthumsverlegung sei, vielleicht in Folge der durch sie bedingten Einengung der Leitungsbahnen?

Zur Beantwortung dieser Frage stellte ich zunächst eine Anzahl von Versuchen an, in denen durch Unterbindungen verschiedener Art und an verschiedenen Orten des Sprosses, wie Aehnliches schon früher (vergl. Tabelle No. 8, II) an Wurzeln geschehen ist, die Leitungsbahnen eingeengt wurden. Die Resultate einer kleinen Anzahl von derartigen Versuchen sind in Tabelle No. 10 zusammengestellt, sie zeigen deutlich genug, dass diese einfachen Einengungen solche Effecte nicht zu erzielen vermögen.

Um nun die Hinderung des Dickenwachsthums, die bisher immer mit der gleichzeitigen Verlangsamung resp. Sistirung des Längenwachsthums verbunden war, von einander zu trennen, so dass wohl das Längenwachsthum, nicht aber das Wachsthum in die Dicke verhindert wird, bedarf es besonders geeigneter Versuchsobjecte. Wurzeln gestatten in Folge ihres annähernd cylindrischen Baues solche Versuche nicht, wohl aber diejenigen Keimlinge, welche ein hypokotyles Stengelglied besitzen, wie *Helianthus*, *Cucurbita*, *Lupinus* etc. Mit solchen Objecten wurden diesbezügliche Versuche in folgender Weise angestellt.

Der betreffende Keimling, vide Fig. 4, von annähernd 50 mm Sprosslänge, wurde sorgfältig aus der Erde herausgenommen. Dann führte man sein Wurzelsystem, sowie das hypokotyle Stengelglied bis an die Kotyledonen durch eine Glasröhre von der Länge des Sprosses. Der Lumendurchmesser derselben übertraf die Dicke des Sprosses um annähernd 2—3 mm, so dass dieser noch in die Dicke wachsen konnte, ohne die Wandungen der Glasröhre zu berühren. Mit dieser Glasröhre *c—d* umgeben, pflanzte man den Keimling wieder in die Erde. Die basale Zone *a—b* des Sprosses **A** bis zu einer Höhe von etwa 15 mm war ziemlich fest mit Watte umgeben, um einem Ausbiegen in der Glasröhre thunlichst vorzubeugen. Die eine Längshälfte der Glasröhre war durch Anschmelzen von kleinen Glasspitzen und ähnlichen Erhebungen rauh gestaltet, um dieselbe mit dem den Kotyledonen anzulegenden Gypsverbande *C—D* in möglichst festen Zusammenhang bringen zu können. Das Eingypsen der Kotyledonen geschah derart, dass dieselben vollständig in einen festen Gypsguss zu liegen kamen, nur soviel Raum wurde ausgespart, dass das Epikotyl *E* sich hätte ungehindert entwickeln können.

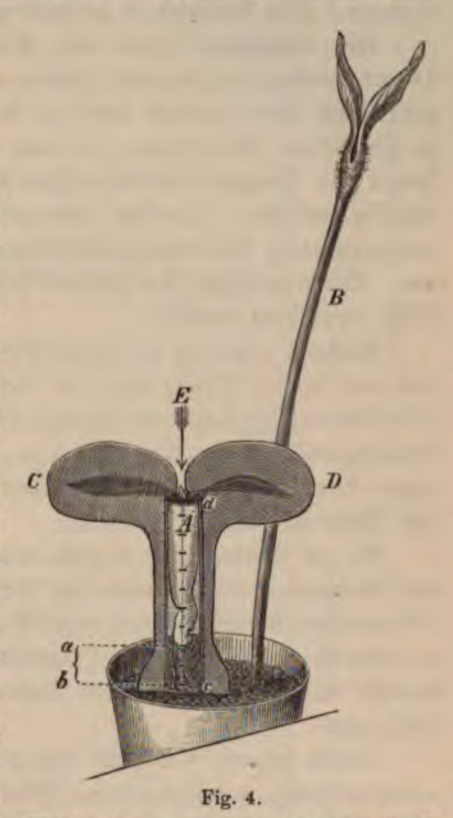


Fig. 4.

▒ = Gypsverband. Die Keimlinge **A** u. **B** von *Cucurbita Pepo* waren am 12. II. 95 gleich gross (= 50 mm). **A** wurde an diesem Tage in obiger Weise durch einen Gypsverband an seinem freien Wachsthum behindert. Bis zum 16. II. hatte sich die durch Fig. 4 veranschaulichte, zwischen den beiden Keimlingen **A** u. **B** bestehende Differenz herausgebildet.

jungen Theilen des betreffenden Individuums verursacht, dass im Gegentheil auch die mechanisch nicht behinderten Theile, in Folge correlativen Zusammenhanges mit jenen, in ihrem Wachsthum zurückbleiben.

Spross- und Wurzelsystem zeigen also nach dieser Richtung hin vollständige Uebereinstimmung in ihren Wachsthumscorrelationen.

Die innerlich obwaltenden Verhältnisse werden auch hier dieselben sein, wie die beim entsprechenden Versuche, der mit *Faba*-Wurzeln angestellt wurde.

Bei allen bisher beschriebenen Hemmungsversuchen handelt es sich stets um eine gleichzeitige Unterdrückung sowohl des Längen- als auch des Dickenwachsthums, so dass leicht die Frage aufgeworfen werden könnte, ob nicht nur die Hemmung des Dickenwachsthums die alleinige Ursache für die beobachteten Hemmungseffecte, sowie die Unmöglichkeit einer Wachthumsverlegung sei, vielleicht in Folge der durch sie bedingten Einengung der Leitungsbahnen?

Zur Beantwortung dieser Frage stellte ich zunächst eine Anzahl von Versuchen an, in denen durch Unterbindungen verschiedener Art und an verschiedenen Orten des Sprosses, wie Aehnliches schon früher (vergl. Tabelle No. 8, II) an Wurzeln geschehen ist, die Leitungsbahnen eingeengt wurden. Die Resultate einer kleinen Anzahl von derartigen Versuchen sind in Tabelle No. 10 zusammengestellt, sie zeigen deutlich genug, dass diese einfachen Einengungen solche Effecte nicht zu erziele vermögen.

Um nun die Hinderung des Dickenwachsthums, die bish immer mit der gleichzeitigen Verlangsamung resp. Sistirung Längenwachsthums verbunden war, von einander zu trennen dass wohl das Längenwachsthum, nicht aber das Wachsth die Dicke verhindert wird, bedarf es besonders suchsobjecte. Wurzeln gestatten in Folge ihre drischen Baues solche Versuche nicht, wohl a linge, welche ein hypokotyles Stengelglied b *Cucurbita*, *Lupinus* etc. Mit solchen Ob liche Versuche in folgender Weise a

jungen Theilen des betreffenden Individuums verursacht, dass im Gegentheil auch die mechanisch nicht behinderten Theile, in Folge correlativen Zusammenhanges mit jenen, in ihrem Wachsthum zurückbleiben.

Spross- und Wurzelsystem zeigen also nach dieser Richtung hin vollständige Uebereinstimmung in ihren Wachsthumscorrelationen.

Die innerlich obwaltenden Verhältnisse werden auch hier dieselben sein, wie die beim entsprechenden Versuche, der mit *Faba*-Wurzeln angestellt wurde.

Bei allen bisher beschriebenen Hemmungsversuchen handelt es sich stets um eine gleichzeitige Unterdrückung sowohl des Längen- als auch des Dickenwachsthums, so dass leicht die Frage aufgeworfen werden könnte, ob nicht nur die Hemmung des Dickenwachsthums die alleinige Ursache für die beobachteten Hemmungseffecte, sowie die Unmöglichkeit einer Wachthumsverlegung sei, vielleicht in Folge der durch sie bedingten Einengung der Leitungsbahnen?

Zur Beantwortung dieser Frage stellte ich zunächst eine Anzahl von Versuchen an, in denen durch Unterbindungen verschiedener Art und an verschiedenen Orten des Sprosses, wie Aehnliches schon früher (vergl. Tabelle No. 8, II) an Wurzeln geschehen ist, die Leitungsbahnen eingeengt wurden. Die Resultate einer kleinen Anzahl von derartigen Versuchen sind in Tabelle No. 10 zusammengestellt, sie zeigen deutlich genug, dass diese einfachen Einengungen solche Effecte nicht zu erzielen vermögen.

Um nun die Hinderung des Dickenwachsthums, die bisher immer mit der gleichzeitigen Verlangsamung resp. Sistirung des Längenwachsthums verbunden war, von einander zu trennen, so dass wohl das Längenwachsthum, nicht aber das Wachsthum in die Dicke verhindert wird, bedarf es besonders geeigneter Versuchsobjecte. Wurzeln gestatten in Folge ihres annähernd cylindrischen Baues solche Versuche nicht, wohl aber diejenigen Keimlinge, welche ein hypokotyles Stengelglied besitzen, wi[illegible]nthus, *Cucurbita*, *Lupinus* etc. Mit solchen Objecten w[illegible]ezü[illegible]liche Versuche in folgender Weise angestellt.

Der betreffende Keimling, vide Fig. 4, von annähernd 50 mm Sprosslänge, wurde sorgfältig aus der Erde herausgenommen. Dann führte man sein Wurzelsystem, sowie das hypokotyle Stengelglied bis an die Kotyledonen durch eine Glasröhre von der Länge des Sprosses. Der Lumendurchmesser derselben übertraf die Dicke des Sprosses um annähernd 2—3 mm, so dass dieser noch in die Dicke wachsen konnte, ohne die Wandungen der Glasröhre zu berühren. Mit dieser Glasröhre *c—d* umgeben, pflanzte man den Keimling wieder in die Erde. Die basale Zone *a—b* des Sprosses **A** bis zu einer Höhe von etwa 15 mm war ziemlich fest mit Watte umgeben, um einem Ausbiegen in der Glasröhre thunlichst vorzubeugen. Die eine Längshälfte der Glasröhre war durch Anschmelzen von kleinen Glasspitzen und ähnlichen Erhebungen rauh gestaltet, um dieselbe mit dem den Kotyledonen anzulegenden Gypsverbande *C—D* in möglichst festen Zusammenhang bringen [illegible] können. Das Eingypsen [illegible]tyledonen geschah der[illegible] [illegible]elben vollständig [illegible] Gypsguss zu [illegible] nur *soviel* [illegible] *gespart, dass* das Epikotyl *E* sich hätte un[illegible] *[illegible]n können.*

Fig. 4.

▭ = Gypsverband. Die Keimlinge **A** u. **B** von *Cucurbita Pepo* waren am 12. II. 95 gleich gross (= 50 mm). **A** wurde an diesem Tage in obiger Weise durch einen Gypsverband an seinem freien Wachsthum behindert. Bis zum 16. II. hatte sich die durch Fig. 4 veranschaulichte, zwischen den beiden Keimlingen **A** u. **B** bestehende Differenz herausgebildet.

Soweit die einzelnen freien Zonen des Sprosses ihre definitive Länge noch nicht erreicht hatten, streckten sich dieselben in gleicher Weise wie die entsprechenden am frei wachsenden Vergleichsobject. Eine Wachsthumsvermehrung in den subapicalen Theilen fand auch hier nicht statt, in derselben Weise wie beim vorhergehenden Experimente; wohl aber machte sich eine der vorzeitigen Nebenwurzelsprossung gleichwerthige Reaction insofern geltend, als die in den Winkeln der vorerwähnten Stengelblätter sitzenden Knospenanlagen am eingegypsten Objecte zur Entwickelung kamen, während dieselben am freien Vergleichsobjecte zu jener Zeit noch unterblieb.

Es entspricht also diese Reaction auch derjenigen, wie durch gleichzeitige Controlversuche festgestellt wurde, welche durch Abschneiden, der im vorliegenden Falle eingegypsten Theile, erreicht wird.

Ein Unterschied, wenn er auch nur gering ist, besteht jedoch zwischen den durch Verlust und den durch Eingypsen verursachten Effecten insofern, als der Einfluss, den der Spitzenverlust auf die Knospenanlagen ausübt, sich schneller im Austreiben der Seitenknospen geltend macht, als der durch das Eingypsen verursachte. Ich habe jedoch keine genaueren Beobachtungen darüber angestellt, nach welchen Zeiträumen sich die betreffenden Reactionen im einzelnen Falle bemerkbar machen.

Die Erklärung für die vorliegenden Beobachtungen ist wohl zum Theil darin zu erkennen, dass die im Gypsverband befindliche Sprossspitze zunächst Anstrengungen macht, das in diesem gegebene Hinderniss zu überwinden, dann erst beginnt sie, sich auf andere Weise zu helfen, dann erst findet eine correlative Beeinflussung der Knospenanlagen statt.

Während beim einfachen Abschneiden der Sprossspitze zwar ein energischerer Eingriff auf den Keimling ausgeübt wird als beim Eingypsen, so liegen dabei jedoch die Verhältnisse für einen beschleunigten correlativen Effect insofern günstiger, als es hier der Sprossspitze überhaupt nicht möglich ist, auf Wachsthumsversuche ihrerseits, wie beim vorhergehenden Experimente, Zeit zu verwenden. Im Gegentheil, das Bedürfniss, ein[illegible]atz für die verlorene Sprossspitze zu schaffen, tritt sofo[illegible]Deutlichste zu Tage.

Einfluss mechanischer Wachsthumshemmung subapicaler Theile.

Ueber das Verhalten, welches ein Spross zeigt, wenn man seine Spitze frei lässt, die von ihr rückwärts liegenden Theile aber in Gyps einschliesst, wurden ebenfalls Beobachtungen angestellt. Zu den diesbezüglichen Versuchen verwendete man Serien verschiedenartiger Keimlinge, wie *Lupinus*, *Vicia Faba*, *Pisum sativum*, *Helianthus*, *Cucurbita Pepo* und *pyriformis*. Da auch hier die resultirenden Correlationen bei den einzelnen Versuchsobjecten ihrem Wesen nach übereinstimmten, möge es genügen, nur einen speciellen Fall mit Zahlen zu belegen. Es ist dies ein Versuch, welcher in Tabelle 9 in seinen Einzelheiten zum Ausdruck gebracht ist und mit einer Reihe von Keimlingen der *Cucurbita pyriformis* vorgenommen wurde. Fig. 2 und 3 veranschaulichen die in der Tabelle No. 9 mit Zahlen belegten Verhältnisse.



Fig. 2.

Von den beiden gleichgrossen Keimlingen **A** u. **B** der *Cucurbita pyriformis* in Fig. 2 wurde **B** am 4. II. 95 in den Gypsguss *G* so eingebettet, dass nur noch die 5 mm *F* des Hypokotyls frei blieben. **A** vegetirte frei.



Fig. 3.

Fig. 3 zeigt die Wachsthumsdifferenzen, die sich nach 7 tägigem Wachsthum im Dunkeln zwischen den beiden Keimlingen **A** und **B** unter den besagten Verhältnissen herausgebildet haben.

Wir ersehen aus den geringen Zuwachsen, welche die eingegypsten Keimlinge im Gegensatz zu den frei vegetirenden Vergleichsobjecten aufweisen, auch für das Sprosssystem die Thatsache bestätigt, dass eine derartige Entwickelungsunterdrückung im Wachsthum begriffener Theile nicht eine Beschleunigung an den mechanisch unbehindert bleibenden

Soweit die einzelnen freien Zonen des Sprosses ihre definitive Länge noch nicht erreicht hatten, streckten sich dieselben in gleicher Weise wie die entsprechenden am frei wachsenden Vergleichsobject. Eine Wachsthumsvermehrung in den subapicalen Theilen fand auch hier nicht statt, in derselben Weise wie beim vorhergehenden Experimente; wohl aber machte sich eine der vorzeitigen Nebenwurzelsprossung gleichwerthige Reaction insofern geltend, als die in den Winkeln der vorerwähnten Stengelblätter sitzenden Knospenanlagen am eingegypsten Objecte zur Entwickelung kamen, während dieselben am freien Vergleichsobjecte zu jener Zeit noch unterblieb.

Es entspricht also diese Reaction auch derjenigen, wie durch gleichzeitige Controlversuche festgestellt wurde, welche durch Abschneiden, der im vorliegenden Falle eingegypsten Theile, erreicht wird.

Ein Unterschied, wenn er auch nur gering ist, besteht jedoch zwischen den durch Verlust und den durch Eingypsen verursachten Effecten insofern, als der Einfluss, den der Spitzenverlust auf die Knospenanlagen ausübt, sich schneller im Austreiben der Seitenknospen geltend macht, als der durch das Eingypsen verursachte. Ich habe jedoch keine genaueren Beobachtungen darüber angestellt, nach welchen Zeiträumen sich die betreffenden Reactionen im einzelnen Falle bemerkbar machen.

Die Erklärung für die vorliegenden Beobachtungen ist wohl zum Theil darin zu erkennen, dass die im Gypsverband befindliche Sprossspitze zunächst Anstrengungen macht, das in diesem gegebene Hinderniss zu überwinden, dann erst beginnt sie, sich auf andere Weise zu helfen, dann erst findet eine correlative Beeinflussung der Knospenanlagen statt.

Während beim einfachen Abschneiden der Sprossspitze zwar ein energischerer Eingriff auf den Keimling ausgeübt wird als beim Eingypsen, so liegen dabei jedoch die Verhältnisse für einen beschleunigten correlativen Effect insofern günstiger, als es hier der Sprossspitze überhaupt nicht möglich ist, auf Wachsthumsversuche ihrerseits, wie beim vorhergehenden Experimente, Zeit zu verwenden. Im Gegentheil, das Bedürfniss, einen Ersatz für die verlorene Sprossspitze zu schaffen, tritt sofort [illegible] Deutlichste zu Tage.

Einfluss mechanischer Wachsthumshemmung subapicaler Theile.

Ueber das Verhalten, welches ein Spross zeigt, wenn man seine Spitze frei lässt, die von ihr rückwärts liegenden Theile aber in Gyps einschliesst, wurden ebenfalls Beobachtungen angestellt. Zu den diesbezüglichen Versuchen verwendete man Serien verschiedenartiger Keimlinge, wie *Lupinus, Vicia Faba, Pisum sativum, Helianthus, Cucurbita Pepo* und *pyriformis*. Da auch hier die resultirenden Correlationen bei den einzelnen Versuchsobjecten ihrem Wesen nach übereinstimmten, möge es genügen, nur einen speciellen Fall mit Zahlen zu belegen. Es ist dies ein Versuch, welcher in Tabelle 9 in seinen Einzelheiten zum Ausdruck gebracht ist und mit einer Reihe von Keimlingen der *Cucurbita pyriformis* vorgenommen wurde. Fig. 2 und 3 veranschaulichen die in der Tabelle No. 9 mit Zahlen belegten Verhältnisse.



Fig. 2.

Von den beiden gleichgrossen Keimlingen **A** u. **B** der *Cucurbita pyriformis* in Fig. 2 wurde **B** am 4. II. 95 in den Gypsguss *G* so eingebettet, dass nur noch die 5 mm *F* des Hypokotyls frei blieben. **A** vegetirte frei.



Fig. 3.

Fig. 3 zeigt die Wachsthumsdifferenzen, die sich nach 7 tägigem Wachsthum im Dunkeln zwischen den beiden Keimlingen **A** und **B** unter den besagten Verhältnissen herausgebildet haben.

Wir ersehen aus den geringen Zuwachsen, welche die eingegypsten Keimlinge im Gegensatz zu den frei vegetirenden Vergleichsobjecten aufweisen, auch für das Sprosssystem die Thatsache bestätigt, dass eine derartige Entwickelungsunterdrückung im Wachsthum begriffener Theile nicht eine Beschleunigung an den mechanisch unbehindert bleibenden

Soweit die einzelnen freien Zonen des Sprosses ihre definitive Länge noch nicht erreicht hatten, streckten sich dieselben in gleicher Weise wie die entsprechenden am frei wachsenden Vergleichsobject. Eine Wachsthumsvermehrung in den subapicalen Theilen fand auch hier nicht statt, in derselben Weise wie beim vorhergehenden Experimente; wohl aber machte sich eine der vorzeitigen Nebenwurzelsprossung gleichwerthige Reaction insofern geltend, als die in den Winkeln der vorerwähnten Stengelblätter sitzenden Knospenanlagen am eingegypsten Objecte zur Entwickelung kamen, während dieselben am freien Vergleichsobjecte zu jener Zeit noch unterblieb.

Es entspricht also diese Reaction auch derjenigen, wie durch gleichzeitige Controlversuche festgestellt wurde, welche durch Abschneiden, der im vorliegenden Falle eingegypsten Theile, erreicht wird.

Ein Unterschied, wenn er auch nur gering ist, besteht jedoch zwischen den durch Verlust und den durch Eingypsen verursachten Effecten insofern, als der Einfluss, den der Spitzenverlust auf die Knospenanlagen ausübt, sich schneller im Austreiben der Seitenknospen geltend macht, als der durch das Eingypsen verursachte. Ich habe jedoch keine genaueren Beobachtungen darüber angestellt, nach welchen Zeiträumen sich die betreffenden Reactionen im einzelnen Falle bemerkbar machen.

Die Erklärung für die vorliegenden Beobachtungen ist wohl zum Theil darin zu erkennen, dass die im Gypsverband befindliche Sprossspitze zunächst Anstrengungen macht, das in diesem gegebene Hinderniss zu überwinden, dann erst beginnt sie, sich auf andere Weise zu helfen, dann erst findet eine correlative Beeinflussung der Knospenanlagen statt.

Während beim einfachen Abschneiden der Sprossspitze zwar ein energischerer Eingriff auf den Keimling ausgeübt wird als beim Eingypsen, so liegen dabei jedoch die Verhältnisse für einen [illegible]chleunigten correlativen Effect insofern günstiger, als es hier [illegible]ossspitze überhaupt nicht möglich ist, auf Wachsthums[illegible] ihrerseits, wie beim vorhergehenden Experimente, Zeit [illegible]enden. Im Gegentheil, das Bedürfniss, einen Ersatz für [illegible]lorene Sprossspitze zu schaffen, tritt sofort auf's Deut[illegible] zu Tage.

Einfluss mechanischer Wachsthumshemmung subapicaler Theile.

Ueber das Verhalten, welches ein Spross zeigt, wenn man seine Spitze frei lässt, die von ihr rückwärts liegenden Theile aber in Gyps einschliesst, wurden ebenfalls Beobachtungen angestellt. Zu den diesbezüglichen Versuchen verwendete man Serien verschiedenartiger Keimlinge, wie *Lupinus, Vicia Faba, Pisum sativum, Helianthus, Cucurbita Pepo* und *pyriformis*. Da auch hier die resultirenden Correlationen bei den einzelnen Versuchsobjecten ihrem Wesen nach übereinstimmten, möge es genügen, nur einen speciellen Fall mit Zahlen zu belegen. Es ist dies ein Versuch, welcher in Tabelle 9 in seinen Einzelheiten zum Ausdruck gebracht ist und mit einer Reihe von Keimlingen der *Cucurbita pyriformis* vorgenommen wurde. Fig. 2 und 3 veranschaulichen die in der Tabelle No. 9 mit Zahlen belegten Verhältnisse.



Fig. 2.
Von den beiden gleichgrossen Keimlingen **A** u. **B** der *Cucurbita pyriformis* in Fig. 2 wurde **B** am 4. II. 95 in den Gypsguss *G* so eingebettet, dass nur noch die 5 mm *F* des Hypokotyls frei blieben. **A** vegetirte frei.



Fig. 3.
Fig. 3 zeigt die Wachsthumsdifferenzen, die sich nach 7 tägigem Wachsthum im Dunkeln zwischen den beiden Keimlingen **A** und **B** unter den besagten Verhältnissen herausgebildet haben.

Wir ersehen aus den geringen Zuwachsen, welche die eingegypsten Keimlinge im Gegensatz zu den frei vegetirenden Vergleichsobjecten aufweisen, auch für das Sprosssystem die Thatsache bestätigt, dass eine derartige Entwickelungsunterdrückung im Wachsthum begriffener Theile nicht eine Beschleunigung an den mechanisch unbehindert bleibenden

jungen Theilen des betreffenden Individuums verursacht, dass im Gegentheil auch die mechanisch nicht behinderten Theile, in Folge correlativen Zusammenhanges mit jenen, in ihrem Wachsthum zurückbleiben.

Spross- und Wurzelsystem zeigen also nach dieser Richtung hin vollständige Uebereinstimmung in ihren Wachsthumscorrelationen.

Die innerlich obwaltenden Verhältnisse werden auch hier dieselben sein, wie die beim entsprechenden Versuche, der mit *Faba*-Wurzeln angestellt wurde.

Bei allen bisher beschriebenen Hemmungsversuchen handelt es sich stets um eine gleichzeitige Unterdrückung sowohl des Längen- als auch des Dickenwachsthums, so dass leicht die Frage aufgeworfen werden könnte, ob nicht nur die Hemmung des Dickenwachsthums die alleinige Ursache für die beobachteten Hemmungseffecte, sowie die Unmöglichkeit einer Wachthumsverlegung sei, vielleicht in Folge der durch sie bedingten Einengung der Leitungsbahnen?

Zur Beantwortung dieser Frage stellte ich zunächst eine Anzahl von Versuchen an, in denen durch Unterbindungen verschiedener Art und an verschiedenen Orten des Sprosses, wie Aehnliches schon früher (vergl. Tabelle No. 8, II) an Wurzeln geschehen ist, die Leitungsbahnen eingeengt wurden. Die Resultate einer kleinen Anzahl von derartigen Versuchen sind in Tabelle No. 10 zusammengestellt, sie zeigen deutlich genug, dass diese einfachen Einengungen solche Effecte nicht zu erzielen vermögen.

Um nun die Hinderung des Dickenwachsthums, die bisher immer mit der gleichzeitigen Verlangsamung resp. Sistirung des Längenwachsthums verbunden war, von einander zu trennen, so dass wohl das Längenwachsthum, nicht aber das Wachsthum in die Dicke verhindert wird, bedarf es besonders geeigneter Versuchsobjecte. Wurzeln gestatten in Folge ihres annähernd cylindrischen Baues solche Versuche nicht, wohl aber diejenigen Keimlinge, welche ein hypokotyles Stengelglied besitzen, wie *Helianthus, Cucurbita*, *Lupinus* etc. Mit solchen Objecten wurden diesbezügliche Versuche in folgender Weise angestellt.

Einfluss mechanischer Wachsthumshemmung subapicaler Theile.

Ueber das Verhalten, welches ein Spross zeigt, wenn man seine Spitze frei lässt, die von ihr rückwärts liegenden Theile aber in Gyps einschliesst, wurden ebenfalls Beobachtungen angestellt. Zu den diesbezüglichen Versuchen verwendete man Serien verschiedenartiger Keimlinge, wie *Lupinus, Vicia Faba, Pisum sativum, Helianthus, Cucurbita Pepo* und *pyriformis*. Da auch hier die resultirenden Correlationen bei den einzelnen Versuchsobjecten ihrem Wesen nach übereinstimmten, möge es genügen, nur einen speciellen Fall mit Zahlen zu belegen. Es ist dies ein Versuch, welcher in Tabelle 9 in seinen Einzelheiten zum Ausdruck gebracht ist und mit einer Reihe von Keimlingen der *Cucurbita pyriformis* vorgenommen wurde. Fig. 2 und 3 veranschaulichen die in der Tabelle No. 9 mit Zahlen belegten Verhältnisse.



Fig. 2.

Von den beiden gleichgrossen Keimlingen **A** u. **B** der *Cucurbita pyriformis* in Fig. 2 wurde **B** am 4. II. 95 in den Gypsguss *G* so eingebettet, dass nur noch die 5 mm *F* des Hypokotyls frei blieben. **A** vegetirte frei.



Fig. 3.

Fig. 3 zeigt die Wachsthumsdifferenzen, die sich nach 7 tägigem Wachsthum im Dunkeln zwischen den beiden Keimlingen **A** und **B** unter den besagten Verhältnissen herausgebildet haben.

Wir ersehen aus den geringen Zuwachsen, welche die eingegypsten Keimlinge im Gegensatz zu den frei vegetirenden Vergleichsobjecten aufweisen, auch für das Sprosssystem die Thatsache bestätigt, dass eine derartige Entwickelungsunterdrückung im Wachsthum begriffener Theile nicht eine Beschleunigung an den mechanisch unbehindert bleibenden

jungen Theilen des betreffenden Individuums verursacht, dass im Gegentheil auch die mechanisch nicht behinderten Theile, in Folge correlativen Zusammenhanges mit jenen, in ihrem Wachsthum zurückbleiben.

Spross- und Wurzelsystem zeigen also nach dieser Richtung hin vollständige Uebereinstimmung in ihren Wachsthumscorrelationen.

Die innerlich obwaltenden Verhältnisse werden auch hier dieselben sein, wie die beim entsprechenden Versuche, der mit *Faba*-Wurzeln angestellt wurde.

Bei allen bisher beschriebenen Hemmungsversuchen handelt es sich stets um eine gleichzeitige Unterdrückung sowohl des Längen- als auch des Dickenwachsthums, so dass leicht die Frage aufgeworfen werden könnte, ob nicht nur die Hemmung des Dickenwachsthums die alleinige Ursache für die beobachteten Hemmungseffecte, sowie die Unmöglichkeit einer Wachthumsverlegung sei, vielleicht in Folge der durch sie bedingten Einengung der Leitungsbahnen?

Zur Beantwortung dieser Frage stellte ich zunächst eine Anzahl von Versuchen an, in denen durch Unterbindungen verschiedener Art und an verschiedenen Orten des Sprosses, wie Aehnliches schon früher (vergl. Tabelle No. 8, II) an Wurzeln geschehen ist, die Leitungsbahnen eingeengt wurden. Die Resultate einer kleinen Anzahl von derartigen Versuchen sind in Tabelle No. 10 zusammengestellt, sie zeigen deutlich genug, dass diese einfachen Einengungen solche Effecte nicht zu erzielen vermögen.

Um nun die Hinderung des Dickenwachsthums, die bisher immer mit der gleichzeitigen Verlangsamung resp. Sistirung des Längenwachsthums verbunden war, von einander zu trennen, so dass wohl das Längenwachsthum, nicht aber das Wachsthum in die Dicke verhindert wird, bedarf es besonders geeigneter Versuchsobjecte. Wurzeln gestatten in Folge ihres annähernd cylindrischen Baues solche Versuche nicht, wohl aber diejenigen Keimlinge, welche ein hypokotyles Stengelglied besitzen, wie *Helianthus*, *Cucurbita*, *Lupinus* etc. Mit solchen Objecten wurden diesbezügliche Versuche in folgender Weise angestellt.

Der betreffende Keimling, vide Fig. 4, von annähernd 50 mm Sprosslänge, wurde sorgfältig aus der Erde herausgenommen. Dann führte man sein Wurzelsystem, sowie das hypokotyle Stengelglied bis an die Kotyledonen durch eine Glasröhre von der Länge des Sprosses. Der Lumendurchmesser derselben übertraf die Dicke des Sprosses um annähernd 2—3 mm, so dass dieser noch in die Dicke wachsen konnte, ohne die Wandungen der Glasröhre zu berühren. Mit dieser Glasröhre *c—d* umgeben, pflanzte man den Keimling wieder in die Erde. Die basale Zone *a—b* des Sprosses **A** bis zu einer Höhe von etwa 15 mm war ziemlich fest mit Watte umgeben, um einem Ausbiegen in der Glasröhre thunlichst vorzubeugen. Die eine Längshälfte der Glasröhre war durch Anschmelzen von kleinen Glasspitzen und ähnlichen Erhebungen rauh gestaltet, um dieselbe mit dem den Kotyledonen anzulegenden Gypsverbande *C—D* in möglichst festen Zusammenhang bringen zu können. Das Eingypsen der Kotyledonen geschah derart, dass dieselben vollständig in einen festen Gypsguss zu liegen kamen, nur soviel Raum wurde ausgespart, dass das Epikotyl *E* sich hätte ungehindert entwickeln können.

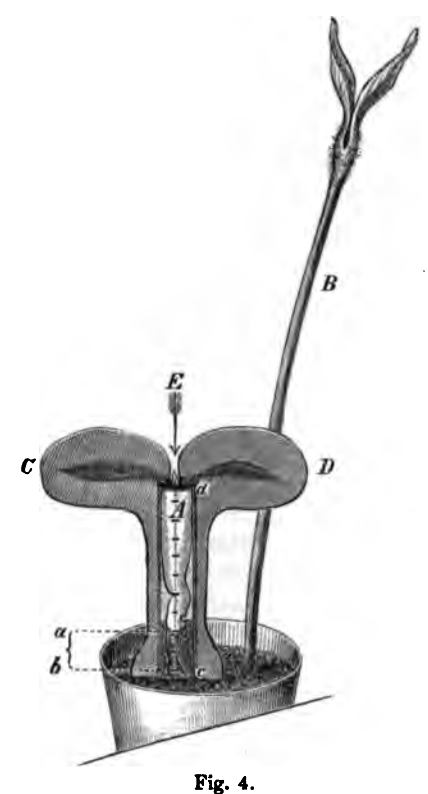


Fig. 4.

▨ = Gypsverband. Die Keimlinge **A** u. **B** von *Cucurbita Pepo* waren am 12. II. 95 gleich gross (= 50 mm). **A** wurde an diesem Tage in obiger Weise durch einen Gypsverband an seinem freien Wachsthum behindert. Bis zum 16. II. hatte sich die durch Fig. 4 veranschaulichte, zwischen den beiden Keimlingen **A** u. **B** bestehende Differenz herausgebildet.

Der Gypsguss der Kotyledonen stand mit dem der Glasröhre *c—d*, die, um eine dauernde Beobachtung zu gestatten, nur an der rauhen Längshälfte mit Gyps umgeben war, in festem Connex. Das Wachsthum gestaltete sich folgendermassen bei **A**:

Die untersten Theile des Stengels bestanden schon aus Dauergewebe, sie blieben daher unverändert, acropetal fortschreitend aber machte sich ein deutlich abnormes Wachsthum in die Dicke bemerkbar, so dass nach ca. vier Tagen in der Regel der Stengel die Glasröhre in ihrem oberen Theile vollständig erfüllte. Gewisse Stengelkrümmungen, in Folge der unterdrückten Streckungsbestrebungen, blieben natürlich nicht aus. Ein vorzeitiges Wachsthum des Epikotyls konnte in keinem Falle constatirt werden.

Befreite man ein in dieser Weise eingegypst gewesenes Object aus seiner Zwangslage, so fand in den oberen, nach den Kotyledonen zu liegenden Zonen, soweit dieselben noch nicht in Dauergewebe übergegangen waren, eine Streckung statt. Erst wenn diese bis an die Keimblätter fortgeschritten war, begann das Epikotyl seine Entfaltung.

Es ist hiermit der Beweis erbracht, dass die Behinderung des Dickenwachsthums nicht der Grund für das Ausbleiben einer Wachsthumsbeschleunigung resp. Wachsthumsverlegung sein kann, es müssen vielmehr andere Umstände die massgebenden Factoren hierfür sein, welche das sind, bedarf noch eingehenderer Untersuchungen.

Durch unsere Versuche hat sich ergeben, im Anschluss an entsprechende, schon bekannte Thatsachen, dass auch die mechanische Hemmung Verlangsamungen im Wachsthum herbeizuführen vermag. Es erregt ein solches Verhalten fast den Anschein, als vermöchten es ohne genügende Ausbildung im tragenden Spross- resp. Wurzelsystem auch die von diesem getragenen jüngsten (meristematischen) Theile nicht, sich kräftig weiter zu entwickeln.

(vergl. p. 138 und 140).

Vergleichende Uebersicht über die Wachsthumsverhältnisse an Wurzeln der Keimlinge von *Vicia Faba* und zwar unter folgenden Verhältnissen:

a) normales Wachsthum,
b) Spross im Gypsverband,
c) Spross abgeschnitten.

Datum	No. 1			No. 2			No. 3			No. 4			No. 5			Summen von		
	a	b	c	a	b	c	•a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
																mm	mm	mm
15. III. 95	16	16	16	27	27	27	31	31	31	33	33	33	23	23	23			
16.	37	37	35	48	45	45	49	46	46	53	49	44	35	42	44			
17.	59	53	56	71	61	67	68	57	71	77	60	69	54	64	69			
18.	85	76	82	100	82	87	93	66	101	111	69	96	77	82	91			
19.	102	85	95	121	89	98	106	77	119	129	75	110	92	93	106			
20.	127	95	115	141	102	•114	•119	93	130	•154	84	130	107	101	116			
21. III. 95	144	104	136	155	110	128	130	•95	147	170	87	139	130	106	125	729	502	675

Ein Punkt „(•)“ oberhalb der Zahlen deutet den Beginn der Nebenwurzelsprossung an.

Differenz von a—b in Summa = 227 mm
„ „ a—c „ „ = 54 mm
Differenz von a—b pro Wurzel = 46 mm
„ „ a—c „ „ = 11 mm.

(vergl. p. 140).

Vergleichende Uebersicht über das Wachsthum der Wurzeln von:

1. *Cucurbita pyriformis*-Keimlingen,
2. „ *Pepo*- „
3. *Helianthus annuus*- „

deren Spross bei

a) im Gypsverband liegt, bei
b) frei wächst.

Datum	I. *Cucurbita pyriformis*						II. *Cucurbita Pepo*				III. *Helianthus annuus*						Summen von	
	No. 1		No. 2		No. 3		No. 4		No. 5		No. 6		No. 7		No. 8			
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
																	mm	mm
19. II. 95	29	29	31	31	26	26	42	42	41	41	66	66	47	47	40	40		
20.	46	52	40	58	46	47	74	92	46	78	74	85	62	65	57	62		
21.	55	82	43	107	57	89	87	146	46	114	78	110	71	86	68	81		
22.	57	107	43	127	59	101	87	155	46	130	89	148	89	110	85	116		
23. II. 95	60	111	44	132	60	108	87	156	46	135	93	150	95	122	99	136	593	1059
																	—	593

Gesammtdifferenz der Summen von b—a = 466 mm
Durchschnittslängen der Wurzeln a = 74 mm
„ „ „ b = 132 mm
Durchschnittsdifferenz pro Wurzel (b—a) = 58 mm.

Tabelle No. 2

(vergl. p. 140).

Vergleichende Uebersicht über die Wachsthumsverhältnisse der Wurzeln von *Vicia Faba,* wenn

a) Spross im Gypsverband,

b) unter normalen Verhältnissen.

Datum	No. 1		No. 2		No. 3		No. 4		Summen von	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
									mm	mm
21. II. 95	36	36	43	43	26	26	26	26		
22.	43	45	47	49	29	33	28	32		
23.	51	65	55	60	32	39	35	39		
24.	55	92	60	75	34	50	40	41		
25.	60	124	62	89	35	65	42	43		
26.	60	148	63	112	35	84	42	43		
27.	62	177	65	134	36	106	44	46		
28. II. 95	62	192	66	150	39	121	45	50	212	513
									—	212

Gesammtdifferenz der Summen von b—a = 301 mm
Durchschnittslänge pro Wurzel „a“ = 53 mm
" " " „b“ = 128 mm
Differenz pro eine Wurzel (a—b) = 75 mm

Am 28. II. 95 wurden obige Sprosse von ihren Gypshüllen befreit. In Folge hiervon zeigten No. 1a, 2a und 4a derartige Verletzungen, dass sie zur weiteren Beobachtung nicht geeignet erschienen. Weniger schadhaft war No. 3a. Man beobachtete No. 3a weiter und constatirte folgende deutliche Beschleunigung im Gegensatz zum früheren Wachsthum.

(No. 3b in der nachstehenden Tabelle ist ein neues Vergleichsobject.)

Tabelle No. 2b.

	Datum										
	28./II. 95	1./III.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10./III.
No. 3a	39	40	48	54	62	74	93	117	124	134	146
No. 3b	39	68	99	125	142	155	166	17[illegible]	[illegible]	194	205

Während das Object „3a“ in den sieben Tagen, [illegible] ross im Gyps lag (vom 22./II.—28./II.), nur 13 mm Zuwachs aufw[illegible] ach [illegible] freiung aus dem Gyps in den nächsten sieben Tage [illegible] I./I Zuwachs von 78 mm.

Tabelle No. 3

(vergl. p. 140).

Vergleichende Uebersicht über das Wachsthum der Wurzeln von:

1. *Cucurbita pyriformis*-Keimlingen,
2. „ *Pepo*- „
3. *Helianthus annuus*- „

deren Spross bei

a) im Gypsverband liegt, bei
b) frei wächst.

Datum	I. *Cucurbita pyriformis*						II. *Cucurbita Pepo*				III. *Helianthus annuus*						Summen von	
	No. 1		No. 2		No. 3		No. 4		No. 5		No. 6		No. 7		No. 8			
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
																	mm	mm
19. II. 95	29	29	31	31	26	26	42	42	41	41	66	66	47	47	40	40		
20.	46	52	40	58	46	47	74	92	46	78	74	85	62	65	57	62		
21.	55	82	43	107	57	89	87	146	46	114	78	110	71	86	68	81		
22.	57	107	43	127	59	101	87	155	46	130	89	148	89	110	85	116		
23. II. 95	60	111	44	132	60	108	87	156	46	135	93	150	95	122	99	136	593	1059
																	—	593

Gesammtdifferenz der Summen von b—a = 466 mm
Durchschnittslängen der Wurzeln a = 74 mm
„ „ „ b = 132 mm
Durchschnittsdifferenz pro Wurzel (b—a) = 58 mm.

Tabelle No. 4

(vergl. p. 141).

Vergleichende Uebersicht über die Wachsthumsverhältnisse des hypokotylen Gliedes der Keimlinge von *Helianthus annuus*, wenn
a) Wurzel im Gypsverband,
b) unter normalen Verhältnissen.

Datum	No. 1		No. 2		No. 3		No. 4		No. 5		Summen von	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
7. III. 95	10	10	9	9	13	13	10	10	8	8	mm	mm
8.	14	17	12	13	15	15	13	17	11	12		
9.	23	29	20	20	24	25	22	23	16	21		
10.	30	60	32	39	30	34	30	41	20	39		
11.	35	98	42	62	35	46	35	63	23	62		
12.	43	111	47	91	48	60	40	80	25	83		
13.	47	141	53	95	52	65	47	96	27	105		
14.	56	155	60	103	58	68	58	103	30	123		
15. III. 95	63	165	65	109	63	71	65	109	32	140	288	594
											—	288

Gesammtdifferenz der Summen (b—a) = 306 mm
Durchschnittslänge der Sprosse a = 57 mm
" " " b = 119 mm
Differenz pro Spross (b—a) = 62 mm.

Am 15. III. 95 wurden die eingegypsten Objecte von ihren Gypshüllen befreit und alsdann weiter beobachtet. Beim Ausgipsen liess es sich nicht vermeiden, die Wurzeln ziemlich erheblich zu verletzen (No. 1a war unbrauchbar geworden), trotzdem aber zeigte sich bei der weiteren Beobachtung die nachstehende Beschleunigung im Sprosswachsthum.

Tabelle No. 4b.

	Datum	No. 2a	No. 3a	No. 4a	No. 5a	
	16. III. 95	65	63	65	32	
	17.	71	69	67	40	
	18.	80	76	71	52	
	19.	95	85	87	62	
	20.	110	98	98	75	Summen von
	21. III. 95	116	108	103	94	No. 2a—5a
Zuwachs vom	10.—15. III.	33	33	35	12	113 mm
" "	16.—21. III.	65	45	35	62	207 mm
Zuwachsplus vom	16.—21. III.	32	12	—	50	94 mm

Tabelle No. 5

(vergl. p. 141).

Vergleichende Uebersicht über die Wachsthumsverhältnisse der Keimlingshypokotyle von *Cucurbita pyriformis*, wenn
a) Wurzel im Gypsverband,
b) unter normalen Verhältnissen.

Datum	No. 1		No. 2		No. 3		No. 4		No. 5		Summen von	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
6. III. 95	12	12	9	9	10	10	10	10	9	9	mm	mm
7.	12	12	9	10	11	11	11	11	9	10		
8.	14	15	12	14	18	19	14	16	10	16		
9.	17	21	17	29	34	36	19	23	13	38		
10.	21	42	20	58	59	66	28	42	16	86		
11.	26	64	22	100	75	99	34	66	19	144		
12.	29	85	25	120	87	123	42	87	21	153		
13.	37	102	28	144	99	148	49	125	25	170		
14.	49	114	36	155	110	160	58	140	33	186		
15. III. 95	60	126	42	165	120	171	64	154	38	200	324	816
											—	324

Gesammtdifferenz der Summen (b—a) = 492 mm
Durchschnittslänge der Sprosse a = 65 mm
„ „ „ b = 163 mm
Differenz pro Spross (b—a) = 98 mm

Am 15. III. 95 wurden die Gypsverbände abgenommen. Die meisten Wurzeln wurden hierbei erheblich verletzt (No. 3 a war unbrauchbar geworden). Trotz solcher Verletzungen zeigte das Sprosswachsthum doch bei der weiteren Beobachtung noch nachstehende Beschleunigung.

Tabelle No. 5b.

Datum	No. 1 a	No. 2 a	No. 4 a	No. 5 a	Summen von No. 1a, 2 a, 4 a und 5 a
16. III. 95	62	48	68	42	
17.	77	60	73	51	
18.	100	75	80	62	
19.	115	93	86	77	
20.	129	104	98	88	
21. III. 95	141	114	105	93	
Zuwachs vom 10.—15. III.	39	22	36	22	119 mm
„ „ 16.—21. III.	79	66	37	51	233 mm
Zuwachsplus vom 16.—21. III.	40	44	1	29	114 mm

Tabelle No. 6

(vergl. p. 145).

Den 5. II. 95	Den 4. II. 95				A—B Skizze der Wurzel		Den 4. II. 95				Den 5. II. 95
N. 12 Uhr 30	5 Uhr 30	3 Uhr 30	2 Uhr 30	N. 12 Uhr 30			N. 12 Uhr 30	2 Uhr 30	3 Uhr 30	5 Uhr 30	N. 12 Uhr 30
	Stand der Glasmarken a^1 bis f^1 ←				A		→ Stand der Tuschmarken a bis f				
32	32	32	32	32	a'	a	25	25	25	25	22
66	35	34	34	33	b'	b	36	39	40	40	28
85	41	38	36	34	c'	c	27	27	25	29	24
77	57	53	50	49	d'	d	48	51	54	60	68
50	49	46	46	46	e'	e	45	45	46	49	50
41	41	41	41	41	f'	f	42	42	42	42	42
					B						

A—B ist die Skizze einer *Faba*-Wurzel, wie sie das Beobachtungsmikroskop zeigt. Die Punkte a^1 bis f^1 bedeuten die Kobaltglasmarken, welche 12 Uhr 30 (N.) in die Wurzel in den oben bezeichneten Abständen eingestochen wurden.

Die Wurzel war in eine 13procentige Gelatine eingeschmolzen. Die grösseren Punkte a—f veranschaulichen die der Wurzel aufgetragenen Tuschmarken. Die Zahlen der Tabelle besagen die Abstände der Marken in Theilstrichen des Mikrometers. Ein Theilstrich entspricht 0,45 mm.

Die erste Zahl giebt den Abstand der Marke a resp. a^1 von der Wurzelspitze an.

Tabelle No. 7

(vergl. p. 149).

Vergleichende Uebersicht über die Wachsthumsverhältnisse an Wurzeln der Keimlinge von *Vicia Faba* unter folgenden Bedingungen:

a) frei wachsend,

b) die Wurzel ist eingegypst bis auf zwölf von der Spitze rückwärts freibleibende Millimeter.

Datum	Längen der controlirten Spitzenzonen										Summen von	
	No. 1		No. 2		No. 3		No. 4		No. 5			
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
											mm	mm
2. V. 95	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12		
3.	28	26	31	23	27	26	28	21	29	18		
4.	47	37	53	31	48	38	55	32	45	23		
5.	72	40	76	41	72	52	91	47	68	29		
6.	100	40	98	47	91	58	114	63	87	35		
7.	121	41	117	52	110	68	132	78	105	41		
8.	142	50	144	61	133	83	164	99	126	52		
9.	153	56	160	65	153	94	182	112	139	62		
10. V. 95	157	62	175	69	170	105	194	125	143	69	839	430

— 430

Gesammtdifferenz der Summen (a—b) = 409 mm
Durchschnittslänge pro Wurzel „a" = 167,8 mm
„ „ „ „b" = 86 mm
Durchschnittsdifferenz pro Wurzel = 81,8 mm.

Tabelle No. 7b

(vergl. p. 141).

Uebersicht über die Sprosslängen der zu obigen Wurzeln gehörigen Sprosse.

Datum	No. 1		No. 2		No. 3		No. 4		No. 5		Summen von	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
16. V. 95	325	174	185	158	191	146	228	186	183	170	1112	834

— 834

Gesammtdifferenz der Summen (a—b) = 278 mm
Durchschnittslänge pro Spross „a" = 224 mm
„ „ „ „b" = 166,8 mm
Durchschnittsdifferenz pro Spross (a—b) = 55,6 mm.

Tabelle No. 8

(vergl. p. 152, 153, 158).

Durchschnittswerthe aus einer Reihe von 60 vergleichenden Versuchen mit Wurzeln von *Vicia Faba*.

I. Versuchsreihe.

Die Wurzeln wurden vollkommen frei in Wasser kultivirt, die Wachsthumsvertheilung war folgende:

Datum	IA Anzahl der Versuchsobjecte	IB Zuwachs der Millimeter 1—4 von der Spitze rückwärts mm	IC Streckung der einzelnen Millimeter 5—10 mm	ID Zuwachs der Millimeter 5-10 von der Spitze rückwärts mm	IE Durchschnittslänge der Wurzeln mm
Vom 1.—2. I. 95	20	9,4	fünfte — 2,8 sechste — 2,0 siebente — 1,5 achte — 1,2 neunte — 1,0 zehnte — 1,0	3,6	47

II. Versuchsreihe.

Die Wurzeln wurden in Wasser kultivirt, jedoch bis zum vierten Millimeter von der Spitze aus rückwärts dreimal mit dünnen Hanffasern fest umbunden.

	IIA	IIB mm	IIC mm	IID mm	IIE mm
Vom 19.—20. XII. 94	20	10,5	fünfte — 2,5 sechste — 2,1 siebente — 1,6 achte — 1,3 neunte — 1,0 zehnte — 1,0	3,7	49

Differenz von (II B—I B) = (10,5—9,4) = 1,1
„ „ (II D—I D) = (3,7—3,6) = 0,1
„ „ (I D—III D) = (3,6—3,5) = 0,1

III. Versuchsreihe.

Die wie in der II. Versuchsreihe behandelten Wurzeln wurden an den nach der Spitze zu liegenden Millimetern 1—4 mit einem Gypsverband umgeben.

	IIIA	IIIB mm	IIIC mm	IIID mm	IIIE mm
Vom 20. bis 21. XII. 94	20	0	fünfte — 2,6 sechste — 1,9 siebente — 1,6 achte — 1,4 neunte — 1,0 zehnte — 1,0	3,5	49

Tabelle No. 9

(vergl. p. 157).

Hypokotyle der Keimlinge von *Cucurbita pyriformis* wurden derartig eingegypst, dass

a) eine Strecke von 5 mm von den Keimblättern rückwärts frei gelassen wurde. Der übrige Theil des Stengels wurde mit Gyps umgeben.

b) An dem frei wachsenden Vergleichsobjecte wurde die Strecke, die bei „a" im Gyps liegt, durch eine Marke bezeichnet und ihr Zuwachs getrennt in die nachstehende Tabelle eingetragen, neben dem Zuwachs der schon oben erwähnten 5 mm.

Datum	No. 1		No. 2		No. 3		No. 4		Summen von	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	den obersten 5 mm an b
									mm	mm
4. II. 95	5	5 + 34	5	5 + 55	5	5 + 37	5	5 + 31		
5.	8	8 + 47	5	5 + 81	5	5 + 37	7	7 + 49		
6.	8	22 + 69	6	10 + 125	8	10 + 67	8	22 + 79		
7.	9	38 + 82	6	13 + 144	11	15 + 81	12	34 + 93		
8.	9,5	73 + 90	6	22 + 164	17	33 + 97	19	56 + 104		
9.	11	95 + 91	6	30 + 174	25	49 + 101	29	69 + 104		
10.	27	124 + 91	9	42 + 175	38	55 + 114	55	80 + 104		
11.	45	130 + 91	14	45 + 177	42	71 + 114	65	80 + 104		
12. II. 95	59	132 + 91	18	45 + 177	42	73 + 114	72	80 + 104	191	530
										191

Die obersten 5 mm zeigten schliesslich eine Gesammtzuwachsdifferenz von (b—a) = 139 mm

Die obersten 5 mm von „a" erreichten eine Durchschnittslänge = 47,7 mm

Die obersten 5 mm von „b" „ „ „ = 82,5 mm

Durchschnitts-Zuwachsdifferenz pro Spross (b—a) = 34,8 mm

Tabelle No. 10

(vergl. p. 158).

Uebersicht über den Einfluss, den locale verschiedenartig Behinderungen des Spross-Dickenwachsthums an etiolirte *Helianthus*-Keimlingen auf deren Hypokotyl-Längenwachsthur ausüben im Vergleich zu Objecten, die bis auf die oberste 5 mm eingegypst sind, wie No. 6 dieser Tabelle resp. No. 1 bis 4a der Tabelle No. 9.

Datum	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
	frei wachsend	Am fünften Millimeter von den Kotyledonen rückwärts, mit Hanffaser fest umbunden	Am 5. und 25. Millimeter von den Kotyledonen rückwärts mit Hanffaser fest umbunden	In gleicher Weise am 1., 5. u. 25. Millimeter mit Hanffaser fest umbunden	Vom 10.—18. Millimeter von den Kotyledonen rückwärts m. einem Gypsgürtel umgeben	Bis auf die obersten 5 mı von den Kotyle donen rückwärts liegt d ganze Spross im Gypsverban
8. II. 95	30	30	30	30	30	30
9.	44	48	41	43	53	30
10.	74	108	72	76	92	34
11.	97	141	93	89	112	39
12.	114	166	109	98	125	45

Botanisches Institut Leipzig.



Abhandlungen über Flechten.

Von

J. Reinke in Kiel.

Mit 15 Zinkätzungen.

V.

Das natürliche Flechtensystem.

A. Vorbemerkungen.

Obwohl ich bei meinen Flechtenstudien ursprünglich von physiologischen Gesichtspunkten ausging, in der Absicht, den Zusammenhang zwischen Form und Function in der Mannigfaltigkeit der Typen zu verfolgen, sind meine Untersuchungen nach und nach, ich möchte sagen unwillkürlich, auf das Gebiet der Systematik hinübergeglitten. Der wesentliche Grund dafür liegt in der Thatsache, dass das wirklich natürliche System einer Pflanzengruppe, d. h. diejenige Anordnung der Typen, in denen die phylogenetischen Beziehungen der Gestalten am besten zum Ausdruck gelangen, nur bei Anwendung physiologischer Gesichtspunkte erreicht werden kann — sofern es überhaupt erreichbar ist. Denn alle bisher aufgestellten natürlichen Systeme sind nur mehr oder weniger glückliche Annäherungen an das wirkliche, d. h. das phylogenetische System, sie sind, wie ich mich früher ausgedrückt habe, Compromisse zwischen dem natürlichen System und einer künstlichen Classification.

Jedes System wird schon insofern ein künstliches bleiben, als man gewisse Gruppen durch Trennungslinien scheidet, die nach praktischen Rücksichten gezogen sind; ich erinnere nur an die Gamopetalen und Choripetalen unter den Dikotylen. Sondern wir die unvollkommenen Scheibenflechten von den Scheibenpilzen, trennen wir beispielsweise Biatoridium von Biatorella und Biatora

von Patinella, Mycocalicium von Calicium und Mycobacidia von Bacidia, so ist dies gewiss ein künstlicher Schnitt, ein gewaltsames Verfahren. Aber ist vielleicht die Abgrenzung der Patellariaceen gegen die übrigen Discomyceten auf andere Weise zu Stande gekommen? So wie der Stengel einer Dikotyle allmählich in die Pfahlwurzel übergeht, gehen die Flechten in die Pilze über. Doch ebensowohl wie man stets Stengel und Wurzel als zwei fundamentale morphologische Begriffe unterscheiden wird, wird man auch stets die Flechten von den Pilzen unterscheiden. Es tritt eben bei den Flechten im assimilirenden Thallus ein ganz neues Moment hinzu, welches ihren Ahnen, den Pilzen, fehlt. Nichts aber dürfte verfehlter sein, als massgebend für die Abtrennung und Begrenzung einer systematisch brauchbaren Gruppe die Forderung hinzustellen, dass dieselbe einen monophyletischen Ursprung haben müsse; wissen wir doch von keiner unserer Pflanzenklassen mit Sicherheit, ob sie monophyletisch oder polyphyletisch entstanden ist. Es ist wahrscheinlich, dass die Gymnospermen diphyletischen Ursprungs sind, auch die Monokotylen sind vielleicht polyphyletisch, ebenso die Moose, selbst für die Leguminosen ist mir ein monophyletischer Ursprung zweifelhaft — Sicheres wissen wir darüber nicht. Wollte man die Abtrennung der Flechten von den Pilzen darum bekämpfen, weil die Flechten thatsächlich polyphyletischen Ursprungs sind, so würde dies für mich in logischer Beziehung auf gleicher Stufe mit der Behauptung stehen, von dem Adel eines Volkes dürfe nur dann gesprochen werden, wenn derselbe sich monophyletisch aus dem Bürgerstande entwickelt habe, oder die preussischen Soldaten bildeten darum keine besondere Klasse der Bevölkerung, weil sie nicht monophyletisch aus den Civilisten hervorgegangen wären.

Wie die Unterscheidung der Flechten als Klasse halte ich auch die Zusammenfassung kleinerer Flechtengruppen trotz ihres polyphyletischen Ursprungs für berechtigt. Gewiss soll damit nicht geleugnet werden, dass es höchst angenehm wäre, wenn man die Flechten in lauter Gruppen monophyletischen Ursprungs auflösen könnte, wie es vielleicht die Parmeliaceen und die Cladoniaceen sind; allein die Natur ist nun einmal nicht so entgegenkommend gegen unsere Wünsche und schematisirenden Vorstellungen, darum müssen wir uns bescheiden und vorläufig mit

polyphyletischen Gruppen vorlieb nehmen, wenn wir nicht auf brauchbare Gruppenbildungen überhaupt verzichten wollen.

Noch einen Punkt möchte ich hervorheben, um nicht missverstanden zu werden. Ich betrachte die Flechten als eine besondere Pflanzenklasse zum Unterschied von und im Gegensatz zu den Pilzen. Solange man den Begriff der Pilze aufrecht erhält, ist man zu dieser Trennung berechtigt. Etwas ganz Anderes würde es sein, wenn eine von der Zukunft zu erwartende Reform des Systems der Thallophyten den Begriff der Pilze fallen liesse. Ob es sich dann empfehlen würde, noch von Flechten zu sprechen, ist eine offene Frage, deren Discussion mir zur Zeit überflüssig erscheint. Vorläufig ist eine solche Reform des Thallophytensystems noch ein Zukunftstraum, und die Versuche, welche bisher gemacht wurden, die Thallophyten anderweitig einzutheilen, sind nicht gerade erfolgreich gewesen. Wie die Dinge heute liegen, würde ich es nicht für praktisch halten, die Klasse der Pilze aufzugeben, es fehlt für einen solchen Schritt noch an wichtigen Vorarbeiten. Solange aber die Pilze eine Klasse des Systems bilden, werden auch die Flechten als eine „Klasse" angesehen werden dürfen.

Ich bin mir wohl bewusst, dass die Möglichkeit, das wirklich natürliche System der Flechten nach den bekannten Thatsachen aufzubauen, noch im weiten Felde liegt. Dennoch glaube ich, dass es mir glücken dürfte, in einer Annäherung an dies System um einige Schritte weiter zu kommen als meine Vorgänger, weil keiner derselben bisher in einheitlicher Weise den phylogenetischen Gesichtspunkt seiner Classification zu Grunde gelegt hat. Etwas Abschliessendes freilich will ich nicht geben, das mag den Lichenologen vorbehalten bleiben, zu denen ich nicht gehöre; ich will nur das Problem zurechtrücken helfen — mögen Andere es lösen. — — —

Die rein formale Morphologie, welche die Merkmale der Pflanzen beschreibt und ordnet, ohne den thatsächlichen inneren Zusammenhang zu berücksichtigen, bietet nicht einmal für die Systematik eine ausreichende Unterlage. Auch die Systematik, falls sie wirklich die organische Verbindung in der Fülle der Gestalten zu erkennen strebt, vermag der physiologischen Gesichtspunkte und Gedanken nicht zu entrathen.

Bei jeder, die Erkenntniss und Darstellung des natürlichen Systems anstrebenden Classification muss — auf dem heutigen Standpunkte unseres Wissens — klar und bewusst der phylogenetische Gedanke zum leitenden gemacht werden. Ich vermag daher in Fragen, welche die Classification der Flechten betreffen, auch nur mit Denjenigen zu discutiren, welche die Descendenz beziehungsweise Phylogenie der Organismen zur Voraussetzung machen, die ferner in den Flechten aus Pilzen und Algen entstandene Consortien anerkennen, und die zugeben, dass die Mehrzahl der Flechten ihre phylogenetische Entwickelung als Consortium durchgemacht hat.

Die Flechten sind weder physiologisch noch morphologisch betrachtet Pilze, sondern Organismen, die sich phylogenetisch von Pilzen ableiten. Stimmen ihre Früchte mit den Früchten der Ascomyceten überein, so ist das ebensowenig ein Grund, Flechten und Pilze in eine Pflanzenklasse zu verschmelzen, wie die Identität der Archegonien, Antheridien und Spermatozoiden benutzt werden darf, um Moose und Gefässkryptogamen zusammen zu werfen.

Wollen wir die Phylogenie einer Pflanzengruppe feststellen, so sollen wir sie womöglich durchführen bis auf die Wurzeln oder vielmehr bis auf den Mutterboden, aus dem die Entwickelung hervorging. Es giebt aber wohl kaum eine zweite Gruppe von Organismen, in welcher sich diese Aufgabe so weit durchführen liesse, wie bei den Flechten. Dadurch gewinnt das natürliche System der Flechten ein allgemeines Interesse. Dürfen wir hoffen überhaupt einen phylogenetischen Entwickelungsgang festzustellen, dann wird dies am ehesten bei den Flechten möglich sein. Freilich ist dringend erwünscht, dass auch die Wurzeln der Flechten, die Ascomycetenfamilien, aus denen die Flechten hervorgegangen sind, vergleichend-morphologisch viel genauer erforscht werden, als bisher der Fall war, und ich würde mich glücklich schätzen, sollte ich hierzu die Anregung geben können. Ohne eine solche grundlegende Arbeit werden alle Flechtensysteme nur einen provisorischen Werth beanspruchen können.

Meine Abhandlung IV hatte einen doppelten Zweck. Einmal wollte ich durch die Abbildung der wichtigeren Flechtentypen die Besprechung der von mir behandelten Fragen erleich-

tern, da es in der Literatur an einer compendiösen Uebersicht der Flechten leider fehlt, dann aber wollte ich vor allen Dingen auf die Lücken hinweisen, welche in unserer Kenntniss der Flechtenformen noch auszufüllen sind. Aus dem Grunde schien es mir angezeigt, die Flechten des ganzen Erdballs gleichmässig zu berücksichtigen, da nur aus der umfassenden Vergleichung aller Flechtenformen die Anfänge eines Flechtensystems hervorwachsen können — während die geographische Vertheilung der Flechten für diesen Zweck nur wenig in Betracht zu kommen scheint. Wenn man aber alle von mir, wenn auch nur in Skizzen vorgeführten Flechten miteinander vergleicht, so gelangt man mit Nothwendigkeit, wie ich glaube, zu einer bestimmten Vorstellung über ihren Zusammenhang, soweit eine solche Vorstellung bei den schon betonten Lücken unseres Wissens überhaupt zu gewinnen ist, und sofern man die morphologisch aufsteigende Stufenleiter der Organismen nicht grundsätzlich leugnet.

Bevor ich aber daran gehe, aus den in Abhandlung IV niedergelegten Untersuchungen für die Classification der Flechten ein Facit zu ziehen, ist es nöthig, noch über ein paar wichtige Gesichtspunkte die Verständigung zu suchen.

Wenn der Systematiker sich das Ziel setzt, das Chaos der Erscheinungen zu einem Kosmos zu gestalten, so hat er in der Gegenwart gewiss den Wunsch, dass der durch sein Definiren und Classificiren gewonnene logische Kosmos dem in der Natur vorausgesetzten realen Kosmos möglichst entspreche, sich ihm möglichst weit nähere, somit nicht bloss subjective Geltung besitze. Viel mehr wird aber weder gefordert, noch erreicht werden können. Wir müssen die gestellte Aufgabe als befriedigend gelöst ansehen, sofern nur in unserer Classification die erkennbaren phylogenetischen Beziehungen nach Möglichkeit hervortreten. Ohne Schematisiren kommen wir auch in dem besten, dem natürlichsten Pflanzensystem nicht aus, die Aufgabe kann nur sein, so wenig wie möglich willkürlich zu schematisiren.

Es ist für die Wissenschaft eine der wichtigsten Aufgaben, in den einzelnen Zeitpunkten ihrer Entwickelung die Grenzen dessen festzustellen, was sie leisten kann und was nicht. Wir müssen darüber uns klar zu werden trachten, was wir wissen, was wir wissen können und worin wir uns zu bescheiden haben.

Sobald man über diese Schranken hinausgeht, verliert man den Boden unter den Füssen, es geräth Alles mehr oder minder in's Schwanken, und wenn wir ohne solche gesicherte Grundlage urtheilen und Behauptungen aufstellen, sind unsere Sätze mit dem Fehler eines willkürlichen Dogmatismus behaftet.

Bei einem Versuche der Classification der Flechten haben wir uns zunächst zu fragen, was heisst überhaupt Klasse, Ordnung, Familie, kurz eine grössere Gruppe, auf welche Grundlage ist sie zu stellen; und nach welchen Gesichtspunkten haben wir die grösseren Gruppen, die eine Vielheit concreter Typen umfassen, von einander zu trennen?

Ich glaube, dass wir das Recht zur Gruppenbildung haben, sobald wir aus Gründen der vergleichenden Morphologie — und ein anderes Hilfsmittel besitzen wir leider nicht — die Ueberzeugung gewinnen, dass eine Vielheit von Pflanzenformen eine übereinstimmende phylogenetische Entwickelung durchgemacht hat. Damit soll nicht gesagt sein, dass der Ursprung aller in die Gruppe zu vereinigender Pflanzen ein monophyletischer gewesen sein muss; im Gegentheil, wir werden öfters darüber gar nicht im Zweifel sein können, dass der Ursprung der Glieder einer Gruppe ein polyphyletischer war, dass der Stammbaum derselben erst bei Voreltern, die wir nach unserer Definition von der Gruppe ausschliessen, in eine gemeinsame Wurzel zusammenläuft.

Ich glaube, es wird zweckmässig sein, diese Gedanken an einem Beispiele zu erläutern.

Mit Recht werden die Moose und die Farne im weiteren Sinne (Pteridophyten) trotz der Uebereinstimmung in den Geschlechtsorganen, trotz des gleichen Modus der Sporenbildung, als zwei Klassen des Pflanzenreiches unterschieden. Wir haben Grund zu der Annahme, dass beide Klassen eine selbstständige phylogenetische Entwickelung durchgemacht haben. Aus der Uebereinstimmung in den Fortpflanzungsorganen aber dürfen wir schliessen, dass Moose und Farne einer gemeinsamen Wurzel entsprungen sind, Pflanzen, die in der Gegenwart nicht mehr existiren, und die man etwa Protarchegoniaten nennen könnte. Man kann sich vielleicht vorstellen, dass diese Protarchegoniaten dem lebenden Genus Anthoceros ziemlich ähnlich gewesen sind.

Wir würden nun unbedingt an der Einheitlichkeit der Moose und Farne als Klassen festhalten, auch wenn sich nachweisen liesse, dass die uns bekannten Moose und Farne je von etwa einem Dutzend verschiedener Protarchegoniaten abstammen — was sich bekanntlich weder beweisen noch bestreiten lässt.

Hat man gegen die Heranziehung der Moose und Farne zur Stütze meiner Argumentation Bedenken, so kann man sich den Zusammenhang grösserer Pflanzengruppen auch rein symbolisch construiren.

Im untenstehenden Schema (Fig. 196) mögen die sechs horizontal stehenden mit A bezeichneten Punkte ursprüngliche Organismen bedeuten, deren Typus in der Gegenwart durch Repräsentanten erhalten ist. Durch analoge phylogenetische Fortentwicke-

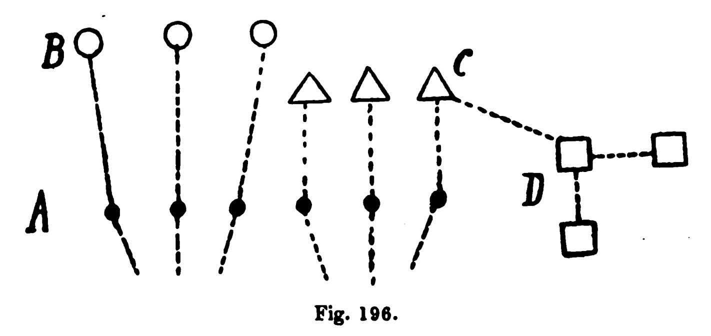


Fig. 196.

lung mögen aus diesen Urtypen andere hervorgegangen sein, und zwar die durch Kreise und die durch Dreiecke bezeichneten, in ihren wesentlichen Merkmalen übereinstimmenden Organismengruppen B und C. Beide sind polyphyletisch abgeleitet, wegen Uebereinstimmung in den Kennzeichen bilden sie aber nicht sechs, sondern nur zwei Klassen. Von einem Repräsentanten der Klasse C hat sich dann monophyletisch die durch Quadrate bezeichnete Klasse D entwickelt, während die übrigen Glieder von C die Fähigkeit phylogenetischer Fortbildung nicht besassen. Die von den Urformen A ausgehenden, nach unten divergirenden Linien sollen die Wahrscheinlichkeit andeuten, dass die mit A bezeichneten Typen aus anderen verschwundenen entstanden sind, welche in früherer Epoche existirt haben, und die zwischen den einzelnen A bestehenden morphologischen Analogien thatsächlich

als Homologien erscheinen lassen. Dennoch sind zwischen *A*, *B*, *C* und *D* so weitgehende Verschiedenheiten entstanden, dass wir die betreffenden Organismen als besondere Klassen unterscheiden dürfen. Natürlich findet dies Schema nicht nur auf die Trennung von Klassen, sondern auch auf die Scheidung von Familien, Gattungen und Arten Anwendung; ausserdem ist es der mannigfachsten Abänderungen und Combinationen fähig, auf deren Ausführung ich aber verzichte.

Bei jeder Classification spielt natürlich die Frage, ob Homologie oder Analogie übereinstimmenden Formen zu Grunde liegt, eine wichtige Rolle. Die Entscheidung dieser Frage ist aber keineswegs immer leicht.

Gewiss sind wir in vielen Fällen gar nicht im Zweifel, um was es sich handelt. Die Uebereinstimmung in der Gestalt der Blätter von Sanicula und Ranunculus, von Actaea und Aruncus, oder von Nymphaea, Limnanthemum und Hydrocharis werden wir gewiss als analoge Bildungen deuten. Ebensowenig sind wir im Zweifel, dass die so verschiedenartig ausgeprägten Perigone von Lilium und von Juncus homologe Gebilde sind; ebenso werden die Niederblätter, Laubblätter, Hochblätter, Kelchblätter, Kronenblätter, Staubblätter und Fruchtblätter einer und derselben Pflanze als homologe Bildungen mit verschiedener, besonderen Functionen angepasster Ausprägung gedeutet. Um so schwieriger ist aber bei phylogenetischen Fragen die Entscheidung, ob Analogie oder Homologie vorliegt, und die grössere oder geringere Aehnlichkeit allein kann dabei gewiss den Ausschlag nicht geben. Es ist nöthig, möglichst viele Einzelmomente zu sammeln, um eine Entscheidung zu finden.

Dass eine scheinbare Analogie thatsächlich auf Homologie beruhen kann, wurde schon angedeutet. Wollte man aber die Dikotylen eintheilen in Bäume, Sträucher und Kräuter, so würde man der Analogie ein Gewicht beimessen, das nur der Homologie zukommt, darum ist auch die Eintheilung der Flechten in Strauch-, Laub- und Krustenflechten vom phylogenetischen Gesichtspunkte aus unhaltbar. Auch andere, im Habitus übereinstimmende Flechtenformen können nur als analoge Gestalten angesehen werden, welche im Laufe der Phylogenie in verschiedenen Entwickelungsreihen unabhängig von einander entstanden sind,

wie z. B. die im morphologischen Aufbau einander so ähnlichen Gattungen Thermutis und Coenogonium, Sphaerophoron und Cladonia.

Es können auch Formen, die durch eine ganze Gruppe in verschiedenen Abwandlungen als homologe wiederkehren, in einer anderen Gruppe als analoge auftreten. Hierbei darf die äussere Aehnlichkeit nicht ausschlaggebend sein. So sind die einander oft sehr unähnlichen Podetien der Cladonien homolog, während der Thallus von Usnea oder Cornicularia dazu nicht einmal analog genannt werden kann, da er eine eigenthümliche Ausprägung des Primärthallus darstellt, also nur dem Primärthallus von Cladonia zunächst vergleichbar wird, obwohl er so grosse Aehnlichkeit mit den Podetien besitzt.

Haben wir es mit ähnlichen Formen zu thun, so werden wir fragen müssen, ob Homologie, ob Analogie oder ob Aehnlichkeit vorliegt, die weder auf Homologie noch auf Analogie beruht. Homologe Aehnlichkeit würde eine solche sein, welche auf phylogenetischer Vererbung beruht; analoge Aehnlichkeit ist, unabhängig von phylogenetischer Vererbung, durch einen gleichsinnigen Ausschlag des morphologischen Gleichgewichts hervorgebracht; während die dritte Art der Aehnlichkeit Bildungen umfasst, die einander morphologisch gar nicht gleichwerthig sind.

Die Frage der Homologie und Analogie wird bei den Flechten wichtig bei Erwägung der Bedeutung, welche der Sporenform für die Classificirung beizumessen ist. Eine der auffallendsten Sporenformen ist gewiss die mauerförmige. Wenn wir solche Sporen auftreten sehen bei Gattungen, wie Rhizocarpon, Umbilicaria, Atestia, Argopsis, Leptogium, bei Graphidaceen und Verrucariaceen, so werden wir geneigt sein, diesen Sporen keine Homologie, sondern nur Analogie beizumessen; womit nicht gesagt sein soll, dass innerhalb der kleineren Gruppen die mauerförmige Spore nicht auch als homologe Bildung zu deuten ist. Andererseits bin ich der Meinung, dass diejenigen Lichenographen Recht haben, welche der dunkelfarbigen zweizelligen Spore für eine grosse Flechtengruppe homologe Bedeutung zuschreiben und darauf die Physcieen oder Buellieen begründen; was wiederum nicht hindert, dass eine ganz ähnliche Spore als Analogieform von Solorina gebildet wird.

Auch die kleinen einzelligen sogenannten Myriosporen habe ich für eine Flechtengruppe, die Acarosporeen, wenn auch mit einiger Unsicherheit, als homologe Gebilde aufgefasst, obwohl die gleiche Bildung bei Heterina schwerlich als homolog, sondern nur als analog gelten kann. Immerhin bedarf die vergleichende Morphologie der Flechtensporen einer eingehenderen monographischen Bearbeitung.

Die Sporen sind auch interessant und wichtig für die Beurtheilung der sogenannten morphologischen Merkmale, von denen man im Gegensatz zu den Anpassungsmerkmalen spricht. In der einzelligen, zweizelligen und vielzelligen Spore haben wir schwerlich Anpassungsgebilde zu erblicken im gewöhnlich üblichen Sinne des Wortes, wonach z. B. das Laubblatt, das Blumenkronblatt, das Staubgefäss Anpassungsgebilde sind, deren besondere Function wir leicht nachweisen können. Die grossen einzelligen Sporen von Pertusaria und Megalospora, die Sporen von Biatora, die von Acarospora, von Physcia, von Theloschistes, von Bacidia, von Peltigera, von Atestia u. s. w. erscheinen uns nur als ebenso viele „morphologische“ Abwandlungen der Spore, wie z. B. bei den landbewohnenden Umbelliferen die verschiedenen Blattgestalten. Die Sporenformen der Flechten sind aber lehrreich, weil sie geeignet sind, die Lehrmeinung zu erschüttern, dass gerade die „morphologischen“ Merkmale für die Bestimmung der natürlichen Verwandtschaft benutzt werden müssen. Gewiss sind die Sporen in dieser Beziehung wichtig und beachtenswerth, insbesondere hat man zu erwägen, ob eine einzellige Spore eine ursprüngliche oder eine reducirte, von einer mehrzelligen abgeleitete Form darstellt, da beides vorkommen kann und gewiss auch vorkommt; aber das natürliche Flechtensystem kann auf die Spore allein nicht gegründet werden. Schon bei den Patellariaceen sehen wir die Sporen ähnlichen Schwankungen und Abänderungen unterliegen, wie bei den Flechten, und doch scheint es mir ausser Zweifel zu stehen, dass auch nach Entstehung des Flechtenconsortiums die Sporen noch vielfach abgeändert haben. Dabei zeigt sich bei verschiedenen Flechtengruppen der Gegensatz, dass während in der einen die Sporenbildung sehr constant ist (Buellieen, Theloschisteen, Parmelieen, Cladonia), dieselbe in anderen Gruppen erheblich variirt,

wie bei Pertusaria, Lecidea (im Sinne von Nylander), Collema, Graphis u. s. w.

Auf der anderen Seite darf durchaus nicht behauptet werden, dass den Anpassungscharakteren die Bedeutung für die Classification abgehe. Abgesehen davon, dass auch die „morphologischen" Merkmale zum grossen Theil im Laufe der Phylogenese wohl durch Anpassung entstanden sind, diese Beziehung aber in der Folge nicht deutlich mehr erkennen lassen oder verloren haben, brauchte ein wichtiger Anpassungscharakter sich nur durch Vererbung im Fortgange der Phylogenie zu fixiren und constant zu erhalten, um als wesentliches Merkmal bei der Classification Verwendung finden zu können. Ich kann nicht unterlassen, nochmals darauf hinzuweisen, wie ausserordentlich variabel gerade die Anpassungscharaktere sein können, sofern das gleiche Ziel sich auf verschiedenen Wegen erreichen lässt. Bereits in Abhandlung III habe ich die enorme Verschiedenheit der Assimilationsorgane bei den phanerogamen Blüthenpflanzen betont. Die beiden Hauptgestalten des Laubblattes sind die Plattenform und die Binsenform, durch mannigfache Uebergänge nicht nur verknüpft, sondern auch in den verschiedensten Richtungen variirend, wodurch Blattformen wie die von Nymphaea, von Meum athamanticum, von Thuja, von Sedum reflexum gebildet werden, sowie assimilirende Sprosse, wie Casuarina, Spartium, Salicornia, Tamarix, Cacteen, Mühlenbeckia u. s. w. Die zahlreichen in Abhandlung IV mitgetheilten Beispiele ergeben zur Genüge, dass ein ähnlicher Reichthum in den Gestalten des assimilirenden Apparates auch bei den Flechten sich findet. Die Formen von Cladonia rangiferina und von Sticta pulmonacea sind beide in ihrer Weise mit besonderer Vollkommenheit der Function der Assimilation angepasst, und man kann eigentlich nur die Krustenflechten eine niedere Organisationsstufe nennen, obgleich auch sie, sofern auf dem Substrat kein Raummangel eintritt, keineswegs unzweckmässig für die Assimilationsarbeit genannt werden dürfen. Sehen wir aber solche Formen, wie die Laubflechten und Strauchflechten nebeneinander entstehen, so müssen wohl beide Gestalten ihre besonderen Vortheile gewähren, die einander compensiren und im Endergebniss etwa den gleichen Nutzeffect liefern.

während die andere, aus dem Fuss des Apotheciums hervorgegangen, eine von Anfang an radiäre Bildung darstellt, die in seltenen Fällen auch wieder dorsiventral zu werden vermag (Glossodium, Thysanothecium). Immer aber werden wir in den krustigen Flechten die Urformen, in den laubartigen oder strauchigen abgeleitete Gestalten einer weiter vorgeschrittenen Entwickelung zu erblicken haben.

Die von mir als leitend hingestellten Gesichtspunkte führen zu der Anschauung, dass die Krustenflechten die ältesten Formen sind, dass die Laub- und Strauchflechten relativ jünger sein müssen, weil sie von jenen sich herleiten. Ist das der Fall, so folgt daraus weiter, dass diejenigen Flechten mit spinnwebigem und krustenförmigem Thallus, die wir in der Gegenwart kennen, relativ frühzeitig ihr morphologisches Gleichgewicht erreichten, ihre Form stabilisirt haben und einer weiteren Veränderung nicht fähig sind; während die als Phylembryonen der Laub- und Strauchformen dienenden Krustenflechten, die den erhaltenen äusserst ähnlich gewesen sein mögen, zu Grunde gegangen sind. An einer solchen Consequenz vermag man die Zulässigkeit der Grundanschauung zu prüfen, und ich trage kein Bedenken, hervorzuheben, dass auch andere Vorstellungen in Betracht kommen können. Ich hebe dies ausdrücklich hervor, da mir gar nichts daran gelegen ist, eine eigene Theorie der Phylogenese zu bilden, sondern ich nur das eine Interesse kenne, der Wahrheit so nahe wie möglich zu kommen.

Ich möchte an dieser Stelle darauf aufmerksam machen, dass Nägeli den Standpunkt vertreten hat, die unvollkommensten Organismen seien nicht die ältesten, sondern die jüngsten, mit denen wir es zu thun haben. Hiernach müssten die spinnwebigen und die krustigen Flechten die jüngsten sein, Formen wie Sticta oder Stereocaulon und Sphaerophoron aber die ältesten. Diese Auffassung führt dann zu der Folgerung, dass es stabilisirte Formen überhaupt nicht giebt, oder doch nur in den höchst entwickelten Typen, über welche hinauszugehen dem phylogenetischen Process nicht möglich ist. Diesen Standpunkt vermag ich mir aber nicht anzueignen, weil ich im Gegensatz zu Nägeli der natürlichen Züchtung eine wesentliche Mitwirkung bei Hervorbringung der Pflanzenformen zuschreibe, und weil ich

für deren Abgrenzung die Natur der Gonidien das wichtigste oder doch eins der wichtigsten Merkmale bildet.

Aber trotz der stabil gewordenen Anpassung zwischen Pilz und Alge in den Flechtenconsortien muss anerkannt werden, dass die historisch erworbenen Charaktere des Consortiums von der Pilzspore allein weiter vererbt werden, sofern deren Keimhyphen in der Natur nur mit der zugehörigen Algenart zusammentreffen.

Nur wenigen Discomyceten scheint seiner Zeit die Disposition inne gewohnt zu haben, mit Algen Consortien einzugehen. Der ganz überwiegenden Mehrzahl der in der Gegenwart bekannten Patellariaceen geht diese Fähigkeit ab, sonst müssten sie facultativ Flechten bilden können; nur einige Buellieen scheinen als Pilz und als morphologisch äusserst niedrig organisirte Flechten existiren zu können. Einige Graphidaceen entbehren wenigstens in der Jugend der Gonidien, wie alle Flechtenhyphen während der Periode der Sporenkeimung gonidienlos sein können. Die flechtenbildenden Ascomyceten dürften aber von vornherein in mehr weniger hohem Maasse eine ausgeprägte Disposition für die Verbindung mit bestimmten Algentypen gehabt haben. Im Laufe der phylogenetischen Fortentwickelung der daraus entstandenen Flechten konnte dann ein Algenwechsel eintreten, der auch die Natur des Consortiums bald mehr, bald weniger beeinflusste.

Eine bemerkenswerthe Correlation giebt sich darin zu erkennen und spricht zugleich für eine alte Trennung der Pilze und Flechten, dass die bei den Ascomyceten so häufigen schimmelartigen Conidienträger den Flechten fehlen, die dafür die Soredien als erworbene Fruchtform ausgebildet haben. Ausserordentlich selten sind solche Conidienträger bei Flechten beobachtet worden, z. B. von Bornet bei Arnoldia minutula (vergl. Recherches etc., p. 2, Taf. 15). Wenn dafür Pycniden und Pycnoconidien bei den Flechten um so häufiger sind, so machen mir diese Gebilde den Eindruck, dass sie mit dem Consortium die Sporen variirt haben, was ihren Werth für die Classifi[illegible] sehr zweifelhaft macht. J[illegible]lls bedarf die Frage, [illegible] die Pycniden (Spermogo[illegible] der Classification [illegible] sichtigen sind, einer ei[illegible] Prüfung, mir [illegible]

logischen Process gewaltigster Dimension, dessen Geschwindigkeit sich aber unserer Bestimmung völlig entzieht. Wie minimale Abweichungen im Stoss eine Billardkugel veranlassen können, unter einem bedeutenden Abstande am Ziel vorbeizurollen, so dürften auch unmerklich kleine, vielleicht chemische Verschiedenheiten im Beginn der Entwickelungsbewegung am Ende der einzelnen phylogenetischen Reihen zu erheblichen Abweichungen führen. Damit soll aber keineswegs gesagt sein, dass die phylogenetische Umbildung unbedingt eine allmähliche gewesen sein müsse. Es wird ja häufig die Frage aufgeworfen, ob der phylogenetische Werdeprocess der Organismen sich allmählich oder sprungweise vollzogen habe, und die Antwort lautet meistens zu Gunsten der allmählichen Umbildung. Mir ist es fraglich, ob diese Alternative überhaupt richtig gestellt ist. Ich bin vielmehr geneigt, die Meinung zu vertreten, dass es eine allmähliche Variation gar nicht giebt, dass alle Variation sich sprungweise vollzieht, dass es sich dabei nur um grössere oder kleinere Sprünge handelt, von denen die ersteren leichter, die letzteren schwieriger zur Wahrnehmung gelangen. Wir können uns von dieser Thatsache leicht überzeugen. Wenn wir eine zum Variiren geneigte Pflanze aussäen, so gehen aus den Samenkörnern Nachkommen auf, die untereinander und von der Mutterpflanze erkennbar variiren. Jede dieser Variationen, auch die unscheinbarste, bedeutet aber einen kleinen Sprung, und Mittelglieder zwischen dieser und der Stammform sind nicht vorhanden. Eine allmähliche Variation und Umbildung der Rasse kann daher wenigstens in dem Sinne nicht behauptet werden, als man darunter sich eine continuirliche Formänderung vorstellt. Dies ist auch schon zu berücksichtigen, wenn wir über das Fehlen von Bindegliedern in phylogenetischen Entwickelungsreihen klagen und dürfte bei den Flechten besondere Beachtung erheischen. Gerade dann, wenn die oft gehörte Behauptung richtig sein sollte, dass die Ontogenie ein Spiegelbild der Phylogenie sei, würden wir zu dieser Auffassung der phylogenetischen Formänderung hingedrängt werden. Denn die homologen Organe des Phanerogamensprosses: Laubblätter, Hochblätter, Kelchblätter, Kronenblätter, Staubblätter, Fruchtblätter sehen wir der Regel nach sprungweise und unvermittelt aufeinander folgen. Warum

Wechselbeziehung wohl so vorzustellen, dass der von der Berührung mit einer bestimmten Alge ausgehende Reiz erforderlich ist, um gewisse Hyphen zum Aufbau des vorgeschriebenen körperlichen Gebildes zu zwingen.

Aus dieser Erwägung ergiebt sich, dass die Gonidien für die Classification der Flechten nicht gleichgültig sind. Gewiss kann ein System, das seine Eintheilung lediglich auf die Gonidien gründet, nur den Anspruch erheben, ein künstliches zu sein. Innerhalb der Gruppen kommt aber den Gonidien sicher eine systematische Bedeutung zu. Kennen wir doch nur sehr wenige Flechtenspecies, die facultativ verschiedene Gonidien zu ihrem Aufbau verwenden können[1]).

Wenn aber im Grossen und Ganzen die einzelne Flechtenart an eine bestimmte Algenspecies als Gonidium gebunden ist, so folgt daraus, dass wir es mit einem relativ stabil gewordenen Anpassungsverhältniss zu thun haben. Das Gonidium gehört mit zu den Merkmalen, durch welche die Art zu definiren ist. Und wenn wir Gruppen von Arten mit einer, andere Gruppen mit anderen Gonidien ausgerüstet sehen, so dürfen wir darauf Gattungsbegriffe aufbauen, und ich möchte solche, lediglich auf die Verschiedenheit der Gonidien gegründeten Genera keineswegs künstliche nennen, selbst wenn die Arten ähnliche Parallelformen darstellen, wie Nephroma und Nephromium, Peltidea und Peltigera, Sticta und Stictina, Solorina und Solorinina. Wiederum soll damit nicht gesagt sein, dass Verschiedenheit der Gonidien in jedem Falle Anlass zur generischen Trennung von Arten sein muss, der Tact des Lichenographen hat im Einzelfalle darüber zu entscheiden.

Aehnlich steht es mit der Berücksichtigung der Gonidien bei Unterscheidung grösserer Gruppen. Die Peltigereen und die Sticteen bilden natürliche und in sich geschlossene Familien, trotzdem sie Gattungen mit grünen und solche mit blaugrünen Gonidien umfassen; auf der anderen Seite scheinen die Collemeen und die Omphalarieen gleichfalls natürliche Gruppen zu sein,

---

1) Vergl. namentlich Forssell, Die anatomischen Verhältnisse und die phylogenetische Entwickelung von Lecanora granatina Sommerf. (Botan. Centralblatt, 1885.)

dann nicht auch die einer phylogenetischen Reihe angehörigen Typen? Dass aber diese Behauptung vom Parallelismus der Ontogenie und der Phylogenie thatsächlich allgemeine Geltung habe, dafür lassen sich bei den Flechten kaum Anhaltspunkte finden.

Ein besonderes Interesse weckt die Frage nach der erblichen Uebertragung der Charaktere bei den Flechten, doch kann diese Frage hier auch nur in Kürze gestreift werden. So schwierig das Problem der Vererbung für die höheren Organismen sich stellt, so einfach erscheint es bei den niederen. Wenn wir in einem Pleurococcus den Kern und darauf die ganze Zelle sich durch Theilung verdoppeln sehen, so ist das einzig Natürliche, dass die Tochterzellen in ihren Eigenschaften untereinander und mit der Mutterzelle übereinstimmen, wunderbar oder doch höchst auffallend würde das Gegentheil sein. Die erbliche Uebertragung der Eigenschaften von einer Generation auf die andere erscheint also hierbei als das Einfache, Natürliche. Wenn wir dagegen in alten Familien der Menschen gewisse subtile Merkmale der Form des Kopfes durch den winzigen Samenfaden von einer Generation auf die andere übertragen sehen und immer wieder die gleichen Umrisskurven herauskommen, so scheint uns dies eins der grössten Wunder der Natur zu sein. Dennoch können wir kaum annehmen, dass es hier wesentlich andere Kräfte sind, welche die Erbübertragung bewirken als diejenigen, die uns bei Pleurococcus entgegentreten.

Bei den Flechten haben wir Keime in Gestalt von Soredien und von Sporen. Die Soredien sind kleine Flechtenthalli, sie enthalten neben den Hyphen auch Gonidien, die durch Theilung von den Gonidien der Mutterpflanze abstammen. Eine sehr bemerkenswerthe Eigenschaft der Soredien ist die, dass sie sich spontan aus dem Thallus der Mutterflechte isoliren, wie Sporen oder Brutknospen. Dass aber die Hyphen allein schon Träger der erblichen Eigenschaften der Flechte sein können, wird durch das Verhalten der Sporen wahrscheinlich gemacht, da dieselben in Verbindung mit Gonidien, die nicht aus einem Flechtenthallus stammen, die Flechtenform zu reproduciren vermögen. Wenn trotzdem bestimmte Gonidien zum Aufbau eines bestimmten Flechtenthallus nothwendig sind, haben wir uns die eintretende

Wechselbeziehung wohl so vorzustellen, dass der von der Berührung mit einer bestimmten Alge ausgehende Reiz erforderlich ist, um gewisse Hyphen zum Aufbau des vorgeschriebenen körperlichen Gebildes zu zwingen.

Aus dieser Erwägung ergiebt sich, dass die Gonidien für die Classification der Flechten nicht gleichgültig sind. Gewiss kann ein System, das seine Eintheilung lediglich auf die Gonidien gründet, nur den Anspruch erheben, ein künstliches zu sein. Innerhalb der Gruppen kommt aber den Gonidien sicher eine systematische Bedeutung zu. Kennen wir doch nur sehr wenige Flechtenspecies, die facultativ verschiedene Gonidien zu ihrem Aufbau verwenden können[1]).

Wenn aber im Grossen und Ganzen die einzelne Flechtenart an eine bestimmte Algenspecies als Gonidium gebunden ist, so folgt daraus, dass wir es mit einem relativ stabil gewordenen Anpassungsverhältniss zu thun haben. Das Gonidium gehört mit zu den Merkmalen, durch welche die Art zu definiren ist. Und wenn wir Gruppen von Arten mit einer, andere Gruppen mit anderen Gonidien ausgerüstet sehen, so dürfen wir darauf Gattungsbegriffe aufbauen, und ich möchte solche, lediglich auf die Verschiedenheit der Gonidien gegründeten Genera keineswegs künstliche nennen, selbst wenn die Arten ähnliche Parallelformen darstellen, wie Nephroma und Nephromium, Peltidea und Peltigera, Sticta und Stictina, Solorina und Solorinina. Wiederum soll damit nicht gesagt sein, dass Verschiedenheit der Gonidien in jedem Falle Anlass zur generischen Trennung von Arten sein muss, der Tact des Lichenographen hat im Einzelfalle darüber zu entscheiden.

Aehnlich steht es mit der Berücksichtigung der Gonidien bei Unterscheidung grösserer Gruppen. Die Peltigereen und die Sticteen bilden natürliche und in sich geschlossene Familien, trotzdem sie Gattungen mit grünen und solche mit blaugrünen Gonidien umfassen; auf der anderen Seite scheinen die Collemeen und die Omphalarieen gleichfalls natürliche Gruppen zu sein,

1) Vergl. namentlich Forssell, Die anatomischen Verhältnisse und die phylogenetische Entwickelung von Lecanora granatina Sommerf. (Botan. Centralblatt, 1885.)

als leitende Merkmale unsicher, und habe ich daher im Allgemeinen auf ihre Berücksichtigung verzichtet. Dass sie, gleich den Hyphen, den Apothecien und den Sporen, ein von den Pilzen überkommenes Erbgut darstellen, ist sicher, es handelt sich aber darum, wie weit dies Erbgut mit dem Consortium sich phylogenetisch veränderte.

Endlich sei noch mit wenig Worten darauf hingewiesen, dass dem Umstande, ob der Thallus der Flechten homöomer oder heteromer gebaut ist, kein allzu grosses Gewicht für die Classification beigemessen werden darf. Es giebt zahlreiche Flechten mit Protococcus-Gonidien, deren Thallus homöomer ist; und auf der anderen Seite darf der Thallus der meisten Collema-Arten streng genommen kaum als homöomer gelten, da die Gonidienschnüre unter der Oberfläche viel zahlreicher zu sein pflegen, als in den tieferen Schichten des Thallus. Was aber das mit Collema so nahe verwandte Genus Leptogium anlangt, so ist dasselbe gewiss heteromer, die bei den häufigeren Arten, wie L. lacerum, nur einschichtige Rinde würde an sich genügen, die Heteromerie darzuthun, diese Rinde vermag aber z. B. am Thallus von L. Hildenbrandi mehrschichtig, stellenweise fünf Schichten mächtig zu werden. Dagegen haben wir bei Pannarieen, deren Thallus im Allgemeinen für heteromer gilt, wieder Arten mit völlig homöomerer Gewebebildung. —

Wenn ich im Folgenden eine Zusammenstellung der mir durch eigene Untersuchung bekannt gewordenen Flechtengattungen versuche — ich möchte glauben, dass die fehlenden Genera ohne besondere Schwierigkeit sich werden einreihen lassen —, so soll damit gewiss nicht der Anspruch erhoben werden, ein Flechtensystem von definitiver Geltung zu schaffen, im Gegentheil, ich möchte den [illegible]ischen *Charakter dieser Zusammenstellung* [illegible] so meh[illegible] *als zahlreiche Genera erst noch eingehen-* [illegible] monog[illegible] Bearbeitung *bedürfen, bevor sich über die-* [illegible]n ei[illegible]rtheil [illegible] lässt. *Ich werde mich über* [illegible] V[illegible]reuen [illegible] Lichenographen an *dieser* [illegible]llen [illegible] jeden Nachweis von *irrigen* [illegible] hei[illegible] den Specialkenntniss *häufig* [illegible]n. [illegible] zu meinem Versuche *einer* [illegible] aus dem Umstande, *dass ich*

zum ersten Male ein festes, leitendes Princip der Anordnung zu Grunde gelegt habe, welches diese Zusammenstellung dem wahrhaft natürlichen System mehr nähern muss, als jedes andere Flechtensystem, ich meine das Princip des genetischen Zusammenhanges der Formen, das Princip der Phylogenie. Setzt man morgen eine bessere an den Platz meiner Zusammenstellung, so werde ich diese mit Freuden acceptiren.

Dass bereits andere Flechtensysteme sich dem meinigen im Aufbau mehr oder weniger nähern, in der Definirung grosser oder wichtiger Gruppen mit der meinigen übereinstimmen, wird jeder Lichenologe klar erkennen. Habe ich doch in den Skizzen der Abhandlung IV aus diesem Grunde das System von Tuckerman zu Grunde gelegt, und mehrfach dabei der von Wainio eingeführten Verbesserungen gedacht. Erst nach Abschluss jener Abhandlung gelangte das neueste Flechtensystem von J. Müller Argov.[1]) zu meiner Kenntniss, und freut es mich besonders, auf diese wichtige Arbeit jetzt noch hinweisen zu können.

Es wäre lohnend, die bisherigen Flechtensysteme einer vergleichenden Kritik zu unterziehen, mich würde das an dieser Stelle aber zu weit führen. Ist mir doch im Grunde nur daran gelegen, die Anwendung meines auf physiologischen Erwägungen beruhenden Principes auf die Combination der Einzeltypen zu demonstriren.

In meiner Anordnung herrscht der Gedanke, dass für Unterscheidung der grossen Hauptgruppen diejenigen Charaktere besonders berücksichtigt werden müssen, welche die Flechten von ihren Ahnen, den Pilzen, erblich überkommen haben. Diese Charaktere haften hauptsächlich am Apothecium. Erst in zweiter Reihe stehen die Merkmale, welche das Flechtenconsortium als solches im Laufe seiner phylogenetischen Entwickelung erworben hat, sie sollten in der Abgrenzung der untergeordneten Gruppen Verwendung finden. Diese Merkmale können sowohl im Bau des Apotheciums wie in dem des Thallus und in der Combination beider zum Ausdruck gelangen.

Meine Eintheilung kommt daher mehr weniger überein mit den Flechtensystemen, welche ihrer Haupteintheilung das Apo-

---

1) J. Müller, Conspectus systematicus lichenum Novae Zelandiae. Genf, 1894.

thecium zu Grunde legen; unter diesen ist in erster Linie dasjenige von Elias Fries zu nennen, welches derselbe 1831 in seiner Lichenographia europaea reformata veröffentlicht hat. Fries unterscheidet hier zunächst im Anschluss an Schrader die Ordnungen der Gymnocarpi und der Angiocarpi, und wenn er zu letzteren auch Sphaerophoron, Pertusaria, Chiodecton und Thelotrema rechnet, so sind über die Stellung dieser Gattungen von seinen Nachfolgern eben klarere Anschauungen verbreitet worden. Fries' Eintheilung der Gymnocarpen in Parmeliaceae, welche alle Flechten mit runder Fruchtscheibe und Thallusgehäuse von Usnea und Parmelia bis zu Placodium und Lecanora vereinigen; in Lecidinae, welche Stereocaulon, Cladonia, Lecidea, Biatora umfassen; in Graphideae und Calicieae wird im System von Tuckerman mit verschiedenen untergeordneten Abweichungen wieder aufgenommen, und Wainio hat Tuckerman's System dann in mehreren Stücken ergänzt und verbessert. Im neuen System von J. Müller treten wieder andere beachtenswerthe Gruppirungen hinzu, wenn auch in den Serien im Gegensatz zu meiner Anschauung der Ausbildung. des Thallus ein zu grosses Gewicht beigemessen wird.

Ich habe in meiner Anordnung nur die von den Ascomyceten abzuleitenden Flechten berücksichtigt. Zieht man in Betracht, dass diese zweifellos polyphyletischen Ursprungs sind, so würde es Pedanterie sein, wollte man die Basidiolichenen von den Flechten ausschliessen, die polyphyletische Basis der Flechtenklasse wird durch den Hinzutritt derselben nur erweitert. Ich selbst habe jedoch wenig Gelegenheit gehabt, Basidiolichenen zu untersuchen und möchte hier nur darauf hinweisen, dass bei Cora wohl kaum von einem Flechtenthallus in dem Sinne die Rede sein kann, wie ihn die Discolichenen besitzen, da es sich um Thelephoreen-Fruchtkörper zu handeln scheint, in welche blaugrüne Algen aufgenommen werden. Bei Dictyonema ist die Sachlage mehr dem Thallus der Discolichenen entsprechend. Damit soll nicht gesagt werden, dass, weil Cora ein Basidiomyceten-Fruchtkörper ist, das Vorkommen der Algen darin morphologisch nur etwa dem von Nostoc im Stamm von Gunnera zu vergleichen wäre und Cora keine Flechte sei, ganz abgesehen von der nicht zu bezweifelnden physiologischen Bedeutung der

[illegible] Basidiomyceten bedürfen [illegible] Müller [illegible] noch [illegible] am das Urtheil [illegible] Flechtenkenner der Gegen- [illegible] hat.

[illegible] rechnet Cora zu [illegible] vigentes. [illegible] des „Thallus“ von [illegible] für eine eigen- [illegible] Fortpflanzung soll durch [illegible] dieser Gattung möchte [illegible] bei Arnoldia [illegible] die Ascusfrüchte von [illegible] Vielleicht könnten nach [illegible] einem epiphytischen Fadenpilze [illegible].

B. Die Gruppirung der Typen.

Wenn wir die Basidiolichenen einstweilen unberücksichtigt lassen, scheint es mir bei dem gegenwärtigen Stande unseres Wissens zweckmässig, die Klasse der Flechten nach ihrer Abstammung in drei Unterklassen zu theilen; dieselben mögen genannt sein: *Lichenes coniocarpi, discocarpi* und *pyrenocarpi*.

Erste Unterklasse: CONIOCARPI.

Die coniocarpen Flechten, welche dem Umfange nach sich



bare Blutsverwandtschaft hinzudeuten, Mycocalicium erinnert in mancher Beziehung mehr an Sclerotinia. Das leitende Merkmal für die Protocaliciaceen sowohl wie für die Lichenes coniocarpi ist in der frühzeitigen Hinfälligkeit der Sporenschläuche gegeben. Von den zahlreichen in diese Gruppe gehörigen, auf dem Thallus anderer Flechten parasitisch vorkommenden Formen bleibt es unentschieden, ob dieselben aus den saprophytischen Mycocaliciaceen entstanden sind oder aus coniocarpen Flechten; da sie aber der typischen Merkmale des Flechtenthallus entbehren, stelle ich sie zu den Pilzen. Damit erkenne ich ausdrücklich an, dass die Scheidung von Ascomyceten und Flechten in ihren letzten Consequenzen eine künstliche ist, allein sofern wir eine phylogenetische Continuität des Pflanzenreiches überhaupt annehmen, ist die Abgrenzung aller Pflanzenklassen gegeneinander eine mehr weniger künstliche. Wir werden uns aber trotzdem nicht entschliessen, solche allgemeine Eintheilungen aufzugeben, weil dieselben einem Bedürfniss unseres Verstandes entsprechen. Je weiter der Umfang einer Pflanzengruppe gezogen wird, ich meine in Bezug auf die Verschiedenheit der morphologischen Typen, nicht in Bezug auf die Zahl der Arten, die sie umfasst, desto mehr künstliche Classification liegt ihr gewöhnlich zu Grunde. Die engsten Gruppen, die wir unterscheiden, die Arten, sind auch die natürlichsten.

Indem ich auf meine Besprechung der Coniocarpi in der vierten Abhandlung verweise, mögen hier noch die Abbildungen einiger interessanter Typen nachgetragen sein. Fig. 197 ist der Darstellung des anatomischen Baues von Sphinctrina turbinata, einer auf dem Thallus von Pertusaria communis parasitisch wachsenden Mycocaliciacee gewidmet; die Abbildungen wurden nach Tulasne copirt. *I* ist der Längsschnitt eines ganzen, nach unten in einen Stiel verlängerten Apotheciums, der Stiel ist als ein Theil des Gehäuses zu betrachten. Die hornartige Substanz desselben besteht aus einem dichten „prosenchymatischen" Gewebe. Der Rand des Gehäuses ist eingebogen, so dass eine Urnenform mit punktförmiger Mündung entsteht. Da nicht der geringste Zweifel darüber obwalten kann, dass Sphinctrina in die nächste Verwandtschaft von Mycocalicium gehört, so ist diese Form lehrreich für die sich mehrfach bei den Flechten

wiederholende Thatsache, dass die Scheibenfrucht eines Typus durch Metamorphose sich der Urnenfrucht sehr beträchtlich zu nähern vermag, ohne dass die betreffende Form darum von Pyrenomyceten abgeleitet werden dürfte.

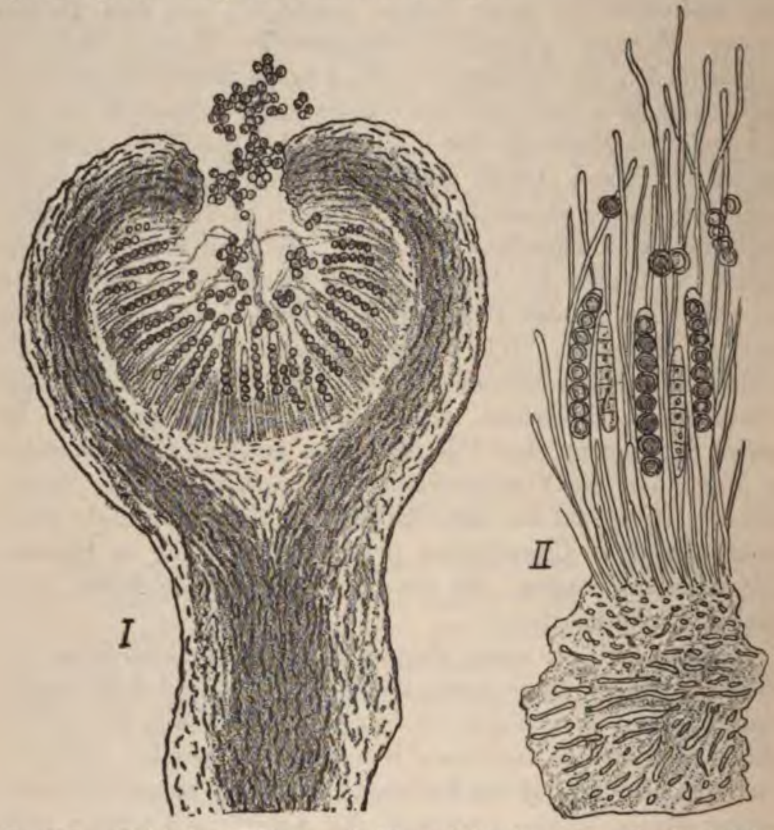


Fig. 197. Sphinctrina turbinata. *I* Längsschnitt der ganzen Frucht (mittlere Vergrösserung). *II* Schnitt aus dem Gehäuse und Hymenium (stärker vergrössert). [Nach Tulasne copirt.]

Die Höhlung des Gehäuses wird von den Paraphysen und den Schläuchen bekleidet. In Fig. 197, *II* ist ein Stück vom Gehäuse und Hymenium bei stärkerer Vergrösserung gezeichnet. Die Paraphysen zeigen eine capillitiumartige Verlängerung, die einzelligen Sporen werden zu acht, in einer Reihe liegend, in den Schläuchen erzeugt, durch Zerfall der Schlauchwand werden sie frei und bilden die Masse des sogenannten Mazaediums.

Der Bau der Frucht von Calicium ist im Wesentlichen der gleiche, nur tritt in der äusseren Configuration derselben die typische Discomycetengestalt deutlich hervor.

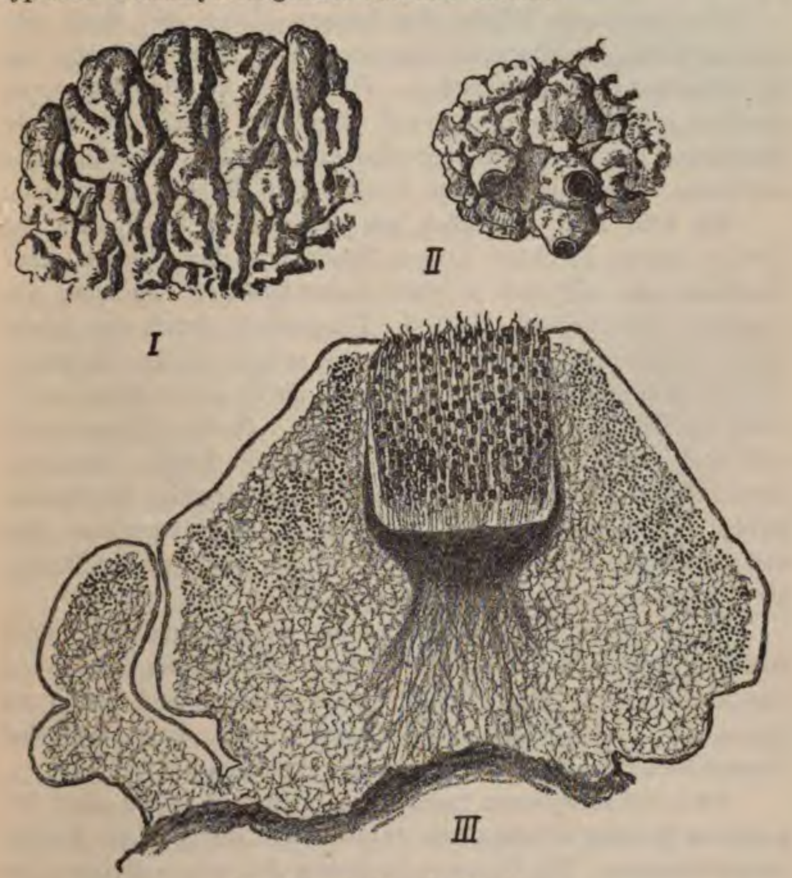


Fig. 198. Acolium *californicum.
I Rand einer Thallusscheibe $\left(\frac{5}{1}\right)$. *II* Fruchtwarzen mit Apothecien $\left(\frac{5}{1}\right)$.
III Durchschnitt durch eine Fruchtwarze, im Apothecium sind viel weniger der zweizelligen Sporen gezeichnet, als wirklich vorhanden waren $\left(\frac{45}{1}\right)$.

Die Coniocarpi kann man eintheilen in zwei Familien, in die *Caliciaceen* und *Acoliaceen*. Die erstere, welche die Gattungen Calicium und Coniocybe umfasst, entbehrt des Thallusgehäuses und lässt sich phylogenetisch zurückführen auf das Pilzgenus

Mycocalicium; die Acoliaceen, zu denen ich Acolium, Tylophoron, Pyrgillus, Coniophyllum, Tholurna, Acroscyphus, Pleurocybe, Sphaerophoron rechne, sind von dem Pilzgenus Mycacolium abzuleiten.

Die Acoliaceen bilden eine zusammenhängende, doch verzweigte Kette von Organisationsstufen, das Nähere darüber ist in Abhandlung IV nachzusehen. Hier trage ich eine Figur von Acolium californicum nach, weil diese Art einen am Rande effigurirten Thallus besitzt, der eine dem Substrat angeschmiegte Laubform bildet, ähnlich dem Thallus von Physcia pulverulenta.

Fig. 198, *I* ist ein Stück aus der sterilen Randpartie des Thallus dieser Flechte; *II* ein Stück aus dem Innern einer Thallusscheibe mit drei je einer warzenförmigen Erhöhung eingesenkten Apothecien; *III* ist der Längsschnitt durch eine solche fertile Thalluswarze. Der Markkörper enthält an der Lichtseite eine ziemlich mächtige Gonidienschicht, die Gonidien bilden senkrecht zur Oberfläche verlängerte Gruppen. Darüber hinweg zieht sich eine gonidienfreie, lockere und lufthaltige Rinde. Das Apothecium erscheint auf dem Durchschnitt becherförmig; das dunkelfarbige Excipulum proprium ist unterhalb des Hymeniums dick und verschmälert sich nach dem Rande zu, über den der Thallus als Excipulum thallodes hinübergreift.

Durch den laubartigen Thallus und die Fruchtwarzen bildet Acolium californicum eine Vorstufe von Tholurna, die Einsenkung des Apotheciums in die Fruchtwarzen erinnert auch schon an Acroscyphus. Vielleicht würde es richtig sein, diese Art nebst Verwandten von den übrigen Acolien generisch zu trennen.

Auch Sphaerophoron möchte ich nicht zum Typus einer besonderen Familie erheben, um es nicht von den übrigen Acoliaceen zu trennen. Die Gattung ist ausser der sehr vollkommenen Organisation des Thallus ausgezeichnet durch den Bau der Frucht. Bis gegen die Sporenreife hin ist das scheibenförmige Hymenium von dem Thallusgehäuse überwallt und in eine Kapsel eingeschlossen, erst durch Zerreissen dieses Gehäuses wird die Scheibe frei. Dennoch hat dieser Bau der Frucht nicht das Geringste zu thun mit demjenigen der Pyrenomyceten, er hat nicht einmal Aehnlichkeit mit der Frucht von Sphinctrina. Sphaerophoron besitzt eine convex gewölbte Hymenialscheibe, ähnlich der Frucht mancher Cladonia- und Stereocaulon-Arten, welche einem fast

kugeligen Hypothecium aufsitzt. Dies placentaartige Hypothecium allein ist dem Fruchtgehäuse von Sphinctrina morphologisch gleichwerthig, das Excipulum proprium ist auf dasselbe reducirt, man könnte auch sagen, das Apothecium von Sphaerophoron verhält sich zu dem von Sphinctrina wie die Frucht der Erdbeere zu derjenigen der Rose. Dieses Fruchtgebilde von Sphaerophoron wird dann vom Rande des Thallusgehäuses angiocarpisch überwölbt, dies Thallusgehäuse ist aber eine phylogenetische Neubildung, es konnte nur erworben werden von einer mit wohlentwickeltem Thallus ausgerüsteten Flechte.

Trotz der grossen habituellen Abweichung ist aber die Frucht von Sphaerophoron ohne Schwierigkeit auf diejenige von Acolium zurückzuführen. Bei letzterer ist das Excipulum proprium allerdings auch concav, wie schon die Fig. 12, *II* von A. tigillare der Abhandlung IV zeigt, allein auf früherer Entwickelungsstufe war es ganz vom Thallus überwallt, der über dem sich öffnenden Scheitel des Excipulum proprium lediglich früher zurückweicht als bei Sphaerophoron, und das ausgebildete Apothecium nicht mehr bedeckt. Ganz analog verhält sich darin A. californicum (Fig. 198).

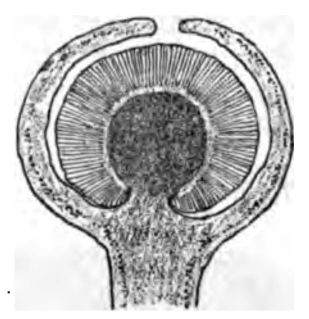


Fig. 199.

Längsschnitt einer Frucht von Sphaerophoron coralloides mit eben geöffnetem Thallusgehäuse $\left(\frac{15}{1}\right)$; das Hypothecium hat, um es vom Thallus abzuheben, einen etwas dunkleren Ton erhalten.

Interessant ist noch, dass Sphaerophoron, welches, den Gipfel der Coniocarpi bildend, doch sicher eine abgeleitete Form ist, nichtsdestoweniger einzellige Sporen besitzt, während die Sporen von Acolium und von Acroscyphus zweizellig sind. Die Sporen von Sphaerophoron dürften also durch Reduction einzellig geworden sein; denn von der mit einzelligen Sporen ausgerüsteten Gattung Calicium wird man Sphaerophoron schwerlich ableiten wollen, fehlt doch der Frucht der Caliciaceen (in meinem Sinne) das Thallusgehäuse gänzlich.

Leider ist die Zinkätzung der Fig. 18, *Vb*, welche nach **Tulasne** den Durchschnitt einer Frucht von Sphaerophoron coralloides darstellt, nicht deutlich ausgefallen. Ich gebe daher

das Hymenium umzieht. Rechts neben der Figur liegen zwei Sporen, die beide anscheinend reif waren, die eine ist zweizellig, die andere vierzellig. Wenn man sich daran erinnert, wie verschiedene Typen von Früchten innerhalb der Gattung Graphis vorkommen, so wird man geneigt sein, auch Pyrgillus mit Acolium zu vereinigen.

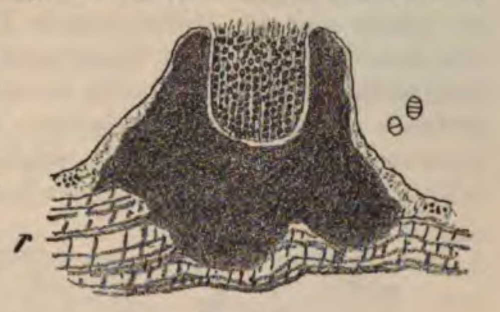


Fig. 201.
Durchschnitt der Frucht von *Pyrgillus javanicus $\left(\frac{45}{1}\right)$, daneben zwei Sporen $\left(\frac{400}{1}\right)$; mit r ist die Rinde, welcher die Flechte aufsitzt, bezeichnet.

Fig. 202 ist ein Längsschnitt durch die Spitze eines Thalluszweiges von Acroscyphus sphaerophoroides, welcher das Apothecium eingesenkt ist. Der äussere Theil des Excipulum proprium erscheint auch hier verkohlt, einzelne schwärzliche Hyphen reichen tief in das Markgewebe des Thallus hinab. Innerhalb dieser verkohlten Hülle bemerkt man eine hellere Zone, unten ist dieselbe von den Basalstücken der Paraphysen und Schläuche gebildet, an den Seiten besteht sie aus kurzen, parallelen, senkrecht zur Oberfläche verlaufenden Hyphen, welche den Paraphysen morphologisch gleichwerthig sind u. in dieselben übergehen, ungefähr wie im Gehäuse von Thelotrema lepadinum. Nach oben sieht man diese Hyphen in die Zellreihen der Thallusrinde übergehen, letztere unterscheiden sich von ersteren nur durch grössere und kürzere Zellen.



Fig. 202. Schnitt durch Thallusspitze und Apothecium von *Acroscyphus sphaerophoroides $\left(\frac{45}{1}\right)$.

das Hymenium umzieht. Rechts neben der Figur liegen zwei Sporen, die beide anscheinend reif waren, die eine ist zweizellig, die andere vierzellig. Wenn man sich daran erinnert, wie verschiedene Typen von Früchten innerhalb der Gattung Graphis vorkommen, so wird man geneigt sein, auch Pyrgillus mit Acolium zu vereinigen.

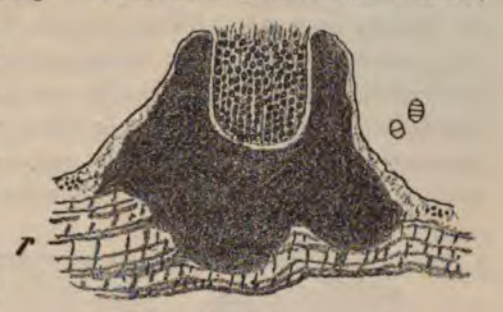


Fig. 201.
Durchschnitt der Frucht von *Pyrgillus javanicus $\left(\frac{45}{1}\right)$, daneben zwei Sporen $\left(\frac{400}{1}\right)$; mit *r* ist die Rinde, welcher die Flechte aufsitzt, bezeichnet.

Fig. 202 ist ein Längsschnitt durch die Spitze eines Thalluszweiges von Acroscyphus sphaerophoroides, welcher das Apothecium eingesenkt ist. Der äussere Theil des Excipulum proprium erscheint auch hier verkohlt, einzelne schwärzliche Hyphen reichen tief in das Markgewebe des Thallus hinab. Innerhalb dieser verkohlten Hülle bemerkt man eine hellere Zone, unten ist dieselbe von den Basalstücken der Paraphysen und Schläuche gebildet, an den Seiten besteht sie aus kurzen, parallelen, senkrecht zur Oberfläche verlaufenden Hyphen, welche den Paraphysen morphologisch gleichwerthig sind u. in dieselben übergehen, ungefähr wie im Gehäuse von Thelotrema lepadinum. Nach oben sieht man diese Hyphen in die Zellreihen der Thallusrinde übergehen, letztere unterscheiden sich von ersteren nur durch grössere und kürzere Zellen.



Fig. 202. Schnitt durch Thallusspitze und Apothecium von *Acroscyphus sphaerophoroides $\left(\frac{45}{1}\right)$.

das Hymenium umzieht. Rechts neben der Figur liegen zwei Sporen, die beide anscheinend reif waren, die eine ist zweizellig, die andere vierzellig. Wenn man sich daran erinnert, wie verschiedene Typen von Früchten innerhalb der Gattung Graphis vorkommen, so wird man geneigt sein, auch Pyrgillus mit Acolium zu vereinigen.

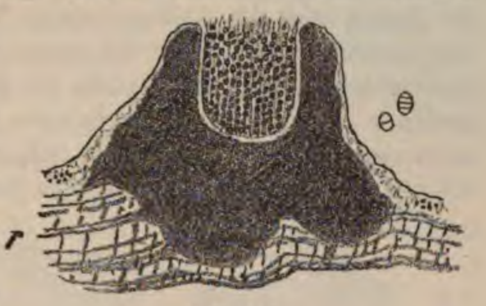


Fig. 201.
Durchschnitt der Frucht von *Pyrgillus javanicus $\left(\frac{45}{1}\right)$, daneben zwei Sporen $\left(\frac{400}{1}\right)$; mit *r* ist die Rinde, welcher die Flechte aufsitzt, bezeichnet.

Fig. 202 ist ein Längsschnitt durch die Spitze eines Thalluszweiges von Acroscyphus sphaerophoroides, welcher das Apothecium eingesenkt ist. Der äussere Theil des Excipulum proprium erscheint auch hier verkohlt, einzelne schwärzliche Hyphen reichen tief in das Markgewebe des Thallus hinab. Innerhalb dieser verkohlten Hülle bemerkt man eine hellere Zone, unten ist dieselbe von den Basalstücken der Paraphysen und Schläuche gebildet, an den Seiten besteht sie aus kurzen, parallelen, senkrecht zur Oberfläche verlaufenden Hyphen, welche den Paraphysen morphologisch gleichwerthig sind u. in dieselben übergehen, ungefähr wie im Gehäuse von Thelotrema lepadinum. Nach oben sieht man diese Hyphen in die Zellreihen der Thallusrinde übergehen, letztere unterscheiden sich von ersteren nur durch grössere und kürzere Zellen.



Fig. 202. Schnitt durch Thallusspitze und Apothecium von *Acroscyphus sphaerophoroides $\left(\frac{45}{1}\right)$.

umstehend noch die etwas schematisirte Abbildung einer bereits geöffneten Sphaerophoron-Frucht (Fig. 199).

In dem, den Caliciaceen im Sinne Tuckerman's gewidmeten Abschnitte der Abhandlung IV wurde die Fruchtbildung der besprochenen Gattungen weniger berücksichtigt, weil ich speciell den Aufbau des Thallus im Auge hatte. Es dürfte aber wohl manchem nicht unwillkommen sein, von einigen schwierig zu erhaltenden coniocarpen Flechtengattungen auch Durchschnitte des Apotheciums abgebildet zu sehen, darum folgen nachstehend noch ein Paar Skizzen der Früchte von Tylophoron, Pyrgillus und Acroscyphus. Von Pleurocybe kann ich leider keine Zeichnung geben, weil das mir zur Verfügung stehende Material zu brüchig war, um die Herstellung eines befriedigenden Präparates zu gestatten.

In Fig. 200 ist ein Längsschnitt durch die ganz homogene Thalluskruste und ein Apothecium von Tylophoron protrudens gezeichnet. Das in das Thallusgehäuse eingesenkte Excipulum proprium bildet unterhalb der Hymenialscheibe ein dickes, umgekehrt konisches, verkohltes Hypothecium, an den Seiten ist es sehr zart. Wenn man diese Abbildung mit derjenigen von Acolium californicum vergleicht, so erscheint die Berechtigung des Genus Tylophoron recht zweifelhaft; wenigstens dürfte es schwer sein, den Unterschied desselben von Acolium durch eine scharfe Diagno[illegible]zustellen.



Fig. 200. Durchschnitt durch Frucht und Thalluskruste von *Tylophoron protrudens $\left(\frac{45}{1}\right)$.

Fig. 201 ist der Durchschnit[illegible] Fruch[illegible]gillus javanicus. Dieselbe bildet eine A[illegible]g i[illegible]branartig zarten, homogen krustigen [illegible]re[illegible]rkohlt ist mit Ausnahme einer dünner[illegible]ittelbar

das Hymenium umzieht. Rechts neben der Figur liegen zwei Sporen, die beide anscheinend reif waren, die eine ist zweizellig, die andere vierzellig. Wenn man sich daran erinnert, wie verschiedene Typen von Früchten innerhalb der Gattung Graphis vorkommen, so wird man geneigt sein, auch Pyrgillus mit Acolium zu vereinigen.

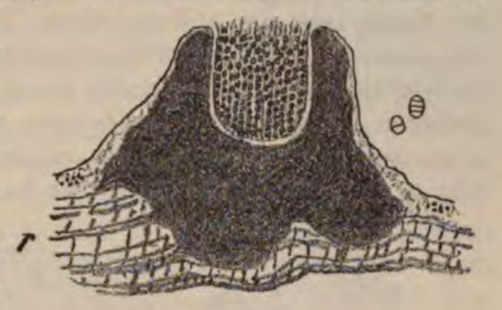


Fig. 201.
Durchschnitt der Frucht von *Pyrgillus javanicus $\left(\frac{45}{1}\right)$, daneben zwei Sporen $\left(\frac{400}{1}\right)$; mit r ist die Rinde, welcher die Flechte aufsitzt, bezeichnet.

Fig. 202 ist ein Längsschnitt durch die Spitze eines Thalluszweiges von Acroscyphus sphaerophoroides, welcher das Apothecium eingesenkt ist. Der äussere Theil des Excipulum proprium erscheint auch hier verkohlt, einzelne schwärzliche Hyphen reichen tief in das Markgewebe des Thallus hinab. Innerhalb dieser verkohlten Hülle bemerkt man eine hellere Zone, unten ist dieselbe von den Basalstücken der Paraphysen und Schläuche gebildet, an den Seiten besteht sie aus kurzen, parallelen, senkrecht zur Oberfläche verlaufenden Hyphen, welche den Paraphysen morphologisch gleichwerthig sind u. in dieselben übergehen, ungefähr wie im Gehäuse von Thelotrema lepadinum. Nach oben sieht man diese Hyphen in die Zellreihen der Thallusrinde übergehen, letztere unterscheiden von ersteren nur durch grössere und kürzere Zellen.



Fig. 202. Schnitt durch Thallusspitze und Apothecium von *Acroscyphus sphaerophoroides $\left(\frac{45}{1}\right)$.

umstehend noch die etwas schematisirte Abbildung einer bereits geöffneten Sphaerophoron-Frucht (Fig. 199).

In dem, den Caliciaceen im Sinne Tuckerman's gewidmeten Abschnitte der Abhandlung IV wurde die Fruchtbildung der besprochenen Gattungen weniger berücksichtigt, weil ich speciell den Aufbau des Thallus im Auge hatte. Es dürfte aber wohl manchem nicht unwillkommen sein, von einigen schwierig zu erhaltenden coniocarpen Flechtengattungen auch Durchschnitte des Apotheciums abgebildet zu sehen, darum folgen nachstehend noch ein Paar Skizzen der Früchte von Tylophoron, Pyrgillus und Acroscyphus. Von Pleurocybe kann ich leider keine Zeichnung geben, weil das mir zur Verfügung stehende Material zu brüchig war, um die Herstellung eines befriedigenden Präparates zu gestatten.

In Fig. 200 ist ein Längsschnitt durch die ganz homogene Thalluskruste und ein Apothecium von Tylophoron protrudens gezeichnet. Das in das Thallusgehäuse eingesenkte Excipulum proprium bildet unterhalb der Hymenialscheibe ein dickes, umgekehrt konisches, verkohltes Hypothecium, an den Seiten ist es sehr zart. Wenn man diese Abbildung mit derjenigen von Acolium californicum vergleicht, so erscheint die Berechtigung des Genus Tylophoron recht zweifelhaft; wenigstens dürfte es schwer sein, den Unterschied desselben von Acolium durch eine scharfe Diagnose [illegible]stellen.



Fig. 200. Durchschnitt durch Frucht und Thalluskruste von *Tylophoron protrudens $\left(\frac{45}{1}\right)$.

Fig. 201 ist der Durchschnitt [illegible]cht v[illegible]s javanicus. Dieselbe bildet eine Ans[illegible] in d[illegible]-artig zarten, homogen krustigen Th[illegible]n G[illegible]hlt ist mit Ausnahme einer dünnen b[illegible] we[illegible]lbar

das Hymenium umzieht. Rechts neben der Figur liegen zwei Sporen, die beide anscheinend reif waren, die eine ist zweizellig, die andere vierzellig. Wenn man sich daran erinnert, wie verschiedene Typen von Früchten innerhalb der Gattung Graphis vorkommen, so wird man geneigt sein, auch Pyrgillus mit Acolium zu vereinigen.

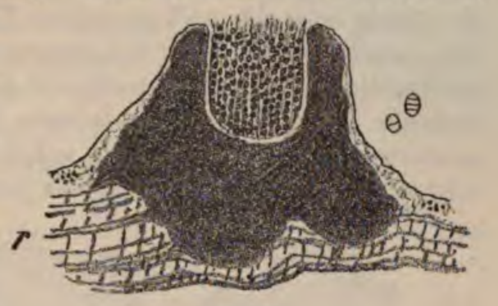


Fig. 201.
Durchschnitt der Frucht von *Pyrgillus javanicus $\left(\frac{45}{1}\right)$, daneben zwei Sporen $\left(\frac{400}{1}\right)$; mit *r* ist die Rinde, welcher die Flechte aufsitzt, bezeichnet.

Fig. 202 ist ein Längsschnitt durch die Spitze eines Thalluszweiges von Acroscyphus sphaerophoroides, welcher das Apothecium eingesenkt ist. Der äussere Theil des Excipulum proprium erscheint auch hier verkohlt, einzelne schwärzliche Hyphen reichen tief in das Markgewebe des Thallus hinab. Innerhalb dieser verkohlten Hülle bemerkt man eine hellere Zone, unten ist dieselbe von den Basalstücken der Paraphysen und Schläuche gebildet, an den Seiten besteht sie aus kurzen, parallelen, senkrecht zur Oberfläche verlaufenden Hyphen, welche den Paraphysen morphologisch gleichwerthig sind u. in dieselben übergehen, ungefähr wie im Gehäuse von Thelotrema lepadinum. Nach oben sieht man diese Hyphen in die Zellreihen der Thallusrinde übergehen, letztere unterscheiden sich von ersteren nur durch grössere und kürzere Zellen.



Fig. 202. Schnitt durch Thallusspitze und Apothecium von *Acroscyphus sphaerophoroides $\left(\frac{45}{1}\right)$.

umstehend noch die etwas schematisirte Abbildung einer bereits geöffneten Sphaerophoron-Frucht (Fig. 199).

In dem, den Caliciaceen im Sinne Tuckerman's gewidmeten Abschnitte der Abhandlung IV wurde die Fruchtbildung der besprochenen Gattungen weniger berücksichtigt, weil ich speciell den Aufbau des Thallus im Auge hatte. Es dürfte aber wohl manchem nicht unwillkommen sein, von einigen schwierig zu erhaltenden coniocarpen Flechtengattungen auch Durchschnitte des Apotheciums abgebildet zu sehen, darum folgen nachstehend noch ein Paar Skizzen der Früchte von Tylophoron, Pyrgillus und Acroscyphus. Von Pleurocybe kann ich leider keine Zeichnung geben, weil das mir zur Verfügung stehende Material zu brüchig war, um die Herstellung eines befriedigenden Präparates zu gestatten.

In Fig. 200 ist ein Längsschnitt durch die ganz homogene Thalluskruste und ein Apothecium von Tylophoron protrudens gezeichnet. Das in das Thallusgehäuse eingesenkte Excipulum proprium bildet unterhalb der Hymenialscheibe ein dickes, umgekehrt konisches, verkohltes Hypothecium, an den Seiten ist es sehr zart. Wenn man diese Abbildung mit derjenigen von Acolium californicum vergleicht, so erscheint die Berechtigung des Genus Tylophoron recht zweifelhaft; wenigstens dürfte es schwer sein, den Unterschied desselben von Acolium durch eine scharfe Diagnose f[illegible]stellen.

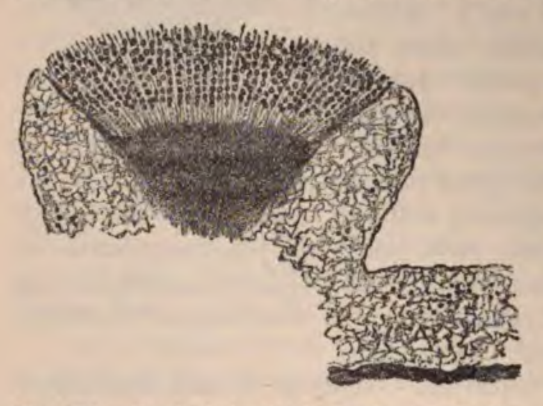


Fig. 200. Durchschnitt durch Frucht und Thalluskruste von *Tylophoron protrudens $\left(\frac{45}{1}\right)$.

Fig. 201 ist der Durchschnitt e[illegible]cht vo[illegible] javanicus. Dieselbe bildet eine Ansc[illegible]n de[illegible] artig zarten, homogen krustigen Tha[illegible] Ge[illegible]t ist mit Ausnahme einer dünnen hel[illegible] wel[illegible]ar

das Hymenium umzieht. Rechts neben der Figur liegen zwei Sporen, die beide anscheinend reif waren, die eine ist zweizellig, die andere vierzellig. Wenn man sich daran erinnert, wie verschiedene Typen von Früchten innerhalb der Gattung Graphis vorkommen, so wird man geneigt sein, auch Pyrgillus mit Acolium zu vereinigen.

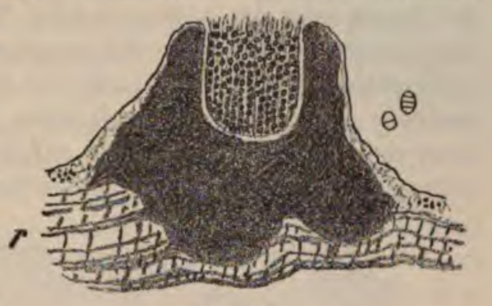


Fig. 201.
Durchschnitt der Frucht von *Pyrgillus javanicus $\left(\frac{45}{1}\right)$, daneben zwei Sporen $\left(\frac{400}{1}\right)$; mit *r* ist die Rinde, welcher die Flechte aufsitzt, bezeichnet.

Fig. 202 ist ein Längsschnitt durch die Spitze eines Thalluszweiges von Acroscyphus sphaerophoroides, welcher das Apothecium eingesenkt ist. Der äussere Theil des Excipulum proprium erscheint auch hier verkohlt, einzelne schwärzliche Hyphen reichen tief in das Markgewebe des Thallus hinab. Innerhalb dieser verkohlten Hülle bemerkt man eine hellere Zone, unten ist dieselbe von den Basalstücken der Paraphysen und Schläuche gebildet, an den Seiten besteht sie aus kurzen, parallelen, senkrecht zur Oberfläche verlaufenden Hyphen, welche den Paraphysen morphologisch gleichwerthig sind u. in dieselben übergehen, ungefähr wie im Gehäuse von Thelotrema lepadinum. Nach oben sieht man diese Hyphen in die Zellreihen der Thallusrinde übergehen, letztere unterscheiden sich von ersteren nur durch grössere und kürzere Zellen.



Fig. 202. Schnitt durch Thallusspitze und Apothecium von *Acroscyphus sphaerophoroides $\left(\frac{45}{1}\right)$.

umstehend noch die etwas schematisirte Abbildung einer bereits geöffneten Sphaerophoron-Frucht (Fig. 199).

In dem, den Caliciaceen im Sinne Tuckerman's gewidmeten Abschnitte der Abhandlung IV wurde die Fruchtbildung der besprochenen Gattungen weniger berücksichtigt, weil ich speciell den Aufbau des Thallus im Auge hatte. Es dürfte aber wohl manchem nicht unwillkommen sein, von einigen schwierig zu erhaltenden coniocarpen Flechtengattungen auch Durchschnitte des Apotheciums abgebildet zu sehen, darum folgen nachstehend noch ein Paar Skizzen der Früchte von Tylophoron, Pyrgillus und Acroscyphus. Von Pleurocybe kann ich leider keine Zeichnung geben, weil das mir zur Verfügung stehende Material zu brüchig war, um die Herstellung eines befriedigenden Präparates zu gestatten.

In Fig. 200 ist ein Längsschnitt durch die ganz homogene Thalluskruste und ein Apothecium von Tylophoron protrudens gezeichnet. Das in das Thallusgehäuse eingesenkte Excipulum proprium bildet unterhalb der Hymenialscheibe ein dickes, umgekehrt konisches, verkohltes Hypothecium, an den Seiten ist es sehr zart. Wenn man diese Abbildung mit derjenigen von Acolium californicum vergleicht, so erscheint die Berechtigung des Genus Tylophoron recht zweifelhaft; wenigstens dürfte es schwer sein, den Unterschied desselben von Acolium durch eine scharfe Diagnose festzustellen.



Fig. 200. Durchschnitt durch Frucht und Thalluskruste von *Tylophoron protrudens $\left(\frac{45}{1}\right)$.

Fig. 201 ist der Durchschnitt einer Frucht von Pyrgillus javanicus. Dieselbe bildet eine Anschwellung in dem membranartig zarten, homogen krustigen Thallus, deren Gewebe verkohlt ist mit Ausnahme einer dünnen hellen Zone, welche unmittelbar

das Hymenium umzieht. Rechts neben der Figur liegen zwei Sporen, die beide anscheinend reif waren, die eine ist zweizellig, die andere vierzellig. Wenn man sich daran erinnert, wie verschiedene Typen von Früchten innerhalb der Gattung Graphis vorkommen, so wird man geneigt sein, auch Pyrgillus mit Acolium zu vereinigen.



Fig. 201.
Durchschnitt der Frucht von *Pyrgillus javanicus $\left(\frac{45}{1}\right)$, daneben zwei Sporen $\left(\frac{400}{1}\right)$; mit *r* ist die Rinde, welcher die Flechte aufsitzt, bezeichnet.

Fig. 202 ist ein Längsschnitt durch die Spitze eines Thalluszweiges von Acroscyphus sphaerophoroides, welcher das Apothecium eingesenkt ist. Der äussere Theil des Excipulum proprium erscheint auch hier verkohlt, einzelne schwärzliche Hyphen reichen tief in das Markgewebe des Thallus hinab. Innerhalb dieser verkohlten Hülle bemerkt man eine hellere Zone, unten ist dieselbe von den Basalstücken der Paraphysen und Schläuche gebildet, an den Seiten besteht sie aus kurzen, parallelen, senkrecht zur Oberfläche verlaufenden Hyphen, welche den Paraphysen morphologisch gleichwerthig sind u. in dieselben übergehen, ungefähr wie im Gehäuse von Thelotrema lepadinum. Nach oben sieht man diese Hyphen in die Zellreihen der Thallusrinde übergehen, letztere unterscheiden sich von ersteren nur durch grössere und kürzere Zellen.



Fig. 202. Schnitt durch Thallusspitze und Apothecium von *Acroscyphus sphaerophoroides $\left(\frac{45}{1}\right)$.

Morphologisch steht Acroscyphus der Gattung Acolium jedenfalls näher als Sphaerophoron, man könnte die Flechte eine strauchige Fortentwickelung von Acolium nennen. Acolium St. Jacobi zeigt die Anfänge solcher Thallusbildung. Will man eine besondere Familie der Sphaerophoraceen von den Acoliaceen unterscheiden, so würde dieselbe nur die Gattung Sphaerophoron umfassen dürfen; von Sphaerophoron wäre aber zunächst eine genauere, alle Arten umfassende, auf die Einzelheiten der Fruchtbildung eingehende monographische Bearbeitung sehr erwünscht.



Fig. 203. *Coniophyllum Colensoi. *I* Fruchtender Thallus $\left(\frac{3}{1}\right)$. *II* Querschnitt des Thallus $\left(\frac{150}{1}\right)$. *III* Gonidien und Hyphen $\left(\frac{500}{1}\right)$.

Nachdem das Manuscript dieser Abhandlung bereits für den Druck eingesandt worden war, erhielt ich aus dem Herbarium von Kew durch gütige Vermittelung des Herrn Dr. Darbishire noch das neuseeländische, von J. Müller Argov. aufgestellte Coniophyllum Colensoi zur Ansicht. Da die Flechte sehr interessant ist, so gebe ich in nebenstehender Fig. 203 eine Abbildung derselben. *I* ist ein dreifach vergrössertes Habitusbild der laubartigen Flechte, die an eine kleine Peltidea venosa erinnert und auf Baumrinde wächst. *II* ist ein Durchschnitt des dorsiventral gebauten Thallus; auf der unteren Seite ist

die Rinde an der vom Schnitt getroffenen Stelle weit dünner als die der Oberseite. An vielen Stellen ist die Berindung der Unterseite eine unvollkommene, die Hyphen haben keinen festen Verband angenommen, bei schwacher Vergrösserung gewährt die untere Fläche des Laubes dadurch ein marmorirtes Aussehen; die hornartige Rinde sitzt in grösseren oder kleineren Schollen auf dem locker gewebten Markkörper. Diese Rindenschollen stehen am dichtesten auf dem basalen Stück des Thallus, gegen den Vorderrand werden sie immer weniger zahlreich, es macht den Eindruck, als seien sie hier durch intercalares Wachsthum auseinandergerückt oder gar abgeworfen worden, was durch entwickelungsgeschichtliche Untersuchungen zu prüfen sein wird. Auf jüngeren Thalluslappen sah ich die Unterseite bis an den Vorderrand ziemlich gleichförmig berindet. Wenn J. Müller in seiner Beschreibung der Flechte sagt (Lichenes Knightiani, p. 23 [1892]) der Thallus sei „subtus medullaris et rhizinis destitutus", so möchte diese Angabe durch vorstehende Bemerkung ihre Ergänzung finden. Die Gonidien liegen in einer ziemlich dicken Schicht der Uebergangszone von Mark und oberer Rindenschicht eingebettet, sie sind sicher chlorophyllgrün und gehören wohl zu einem Cystococcus; mitunter findet man mehrere Tochterzellen noch von der Membran der Mutterzelle umschlossen. Auf keinen Fall gehören die Gonidien zu Gloeocapsa. In Fig. 203, *III* sind einige Gonidien nebst den benachbarten, dickwandigen Hyphen gezeichnet. Die denen von Acolium ähnlichen Apothecien von Coniophyllum sind von einem Thallusgehäuse umgeben. Die Sporen sind, wie Müller hervorhebt, einzellig kugelig, braun. Wenn wir annehmen wollen, dass Coniophyllum aus einem Acolium hervorgegangen ist, so würde es ein Beispiel dafür bieten, dass zweizellige Sporen zu einzelligen reducirt worden sind.

Familien, wie die Peltigeraceen, die Stictaceen; allein die Abgrenzung anderer Gruppen ist um so zweifelhafter, wir sind unsicher, zwischen den sich aufthuenden Alternativen die Entscheidung zu treffen. Besonders zweifelhaft bleibt der allgemeine Zusammenhang der Hauptgruppen untereinander, doch überwiegen meines Erachtens die Thatsachen, welche dafür sprechen, dass zahlreiche parallele Entwickelungsreihen bestehen, welche von einfachen Anfängen ausgehend zu höher und hoch organisirten Formen hingeführt haben.

Ich möchte die Discocarpen vorläufig in vier Reihen ordnen: in die Grammophori, die Lecideales, die Parmeliales und die Cyanophili.

Erste Reihe: ***Grammophori.***

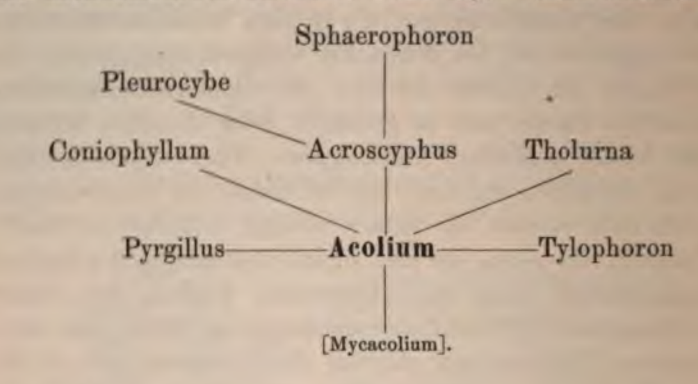
Die Reihe der Grammophori umfasst die beiden Familien der Graphidaceen und der Xylographaceen. Sie ist charakterisirt durch Apothecien, welche typisch, namentlich bei den Urformen, langgestreckt, zygomorph oder unsymmetrisch sind, während sie in abgeleiteten Formen vielfach zu Kreisscheiben werden und somit sich morphologisch den Früchten der anderen Reihen nähern. Der Thallus ist krustenförmig oder strauchartig. Die Gonidien sind überwiegend chroolepisch.

Die Grammophori sind polyphyletischen Ursprunges, Näheres darüber mag in dem Abschnitte C. der Abhandlung IV. nachgesehen werden. Die nur aus der Gattung Xylographa bestehende Familie der Xylographaceen entstammt der Pilzgruppe der Stictideen, sie besitzt Protococcus-Gonidien[1]). Die Graphidaceen hingegen sind von Patellariaceen mit lirellenförmigen Früchten abzuleiten, vielleicht auch von Hysteriaceen, es bedarf das noch genauerer Feststellung. Die Gonidien sind bei den Graphidaceen typisch chroolepisch; besonders auch in den abgeleiteten Formen ist diese Alge als Gonidienbildner festgehalten worden.

---

1) Sollten spätere Untersuchungen ergeben, dass die Discomyceten-Familien der Stictideen und Patellariaceen zusammenfallen, so würden vielleicht die Xylographaceen als Flechtenfamilie aufzugeben sein.

Nachstehendes Schema dürfte den Zusammenhang der bisher unterschiedenen Acoliaceen-Gattungen veranschaulichen:



Zweite Unterklasse: DISCOCARPI.

Zu den Discocarpen gehört die grosse Mehrzahl der bekannten Flechten. Sie sind charakterisirt durch typisch becher-schüssel- oder scheibenförmige Apothecien, die in der Mehrzahl der Fälle mehr weniger kreisrund und radiär sind, aber auch zygomorph und langgestreckt werden können, dabei sich verzweigend, so dass alle Symmetrie verloren geht. In einer Minderheit von Fällen sind die Früchte urnenförmig, dann gründet sich die Zugehörigkeit dieser Arten auf besondere Umstände. Immerhin erscheint nach dem B[illegible] der Apothecien kaum eine scharfe Grenze zwischen Discoc[illegible] und Pyrenocarpen zu existiren; schärfer ist die Abgrenzu[illegible] die Coniocarpen, da eine Auflösung der Schlauchwän[illegible] Zeit der Sporenreife bei ihnen nicht vorkommt. Doch [illegible]rhin an die Uebereinstimmung der Sporen bei Acolium [illegible]llia erinnert sein.

Ein wirklich natürli[illegible] zweifellos die Phylogene[illegible] Darstellung bringendes S[illegible]er Flechten zu geben, [illegible] wärtig unmöglich; ob e[illegible]öglich sein wird, [illegible] Jede Classification, die [illegible]che zu sein b[illegible] ein Compromiss dar zwi[illegible] künstliche[illegible] lichen System.

Gewiss stecken in [illegible] reiche natürliche Grup[illegible]

Familien, wie die Peltigeraceen, die Stictaceen; allein die Abgrenzung anderer Gruppen ist um so zweifelhafter, wir sind unsicher, zwischen den sich aufthuenden Alternativen die Entscheidung zu treffen. Besonders zweifelhaft bleibt der allgemeine Zusammenhang der Hauptgruppen untereinander, doch überwiegen meines Erachtens die Thatsachen, welche dafür sprechen, dass zahlreiche parallele Entwickelungsreihen bestehen, welche von einfachen Anfängen ausgehend zu höher und hoch organisirten Formen hingeführt haben.

Ich möchte die Discocarpen vorläufig in vier Reihen ordnen: in die Grammophori, die Lecideales, die Parmeliales und die Cyanophili.

Erste Reihe: ***Grammophori.***

Die Reihe der Grammophori umfasst die beiden Familien der Graphidaceen und der Xylographaceen. Sie ist charakterisirt durch Apothecien, welche typisch, namentlich bei den Urformen, langgestreckt, zygomorph oder unsymmetrisch sind, während sie in abgeleiteten Formen vielfach zu Kreisscheiben werden und somit sich morphologisch den Früchten der anderen Reihen nähern. Der Thallus ist krustenförmig oder strauchartig. Die Gonidien sind überwiegend chroolepisch.

Die Grammophori sind polyphyletischen Ursprunges, Näheres darüber mag in dem Abschnitte C. der Abhandlung IV. nachgesehen werden. Di[illegible] aus der Gattung Xylographa be[illegible]de Familie [illegible]graphaceen entstammt der Pilz[illegible] der Stictid[illegible]sitzt Protococcus-Gonidien[1]. Die [illegible]laceen hing[illegible]n Patellariaceen mit lirellenförmigen [illegible]n abzuleit[illegible]t auch [illegible]ysteriaceen, es bedarf [illegible]ch genau[illegible]llung. [illegible]idien sind bei den [illegible]idaceen [illegible]lepis[illegible]s auch in den ab[illegible]ten Fo[illegible] Alg[illegible]bildner festgehalten [illegible]

[1] [illegible] Discomyceten-Familien [illegible] vielleicht die Xylo[illegible]

In den bisherigen Flechtensystemen wird der krustenförmige Thallus als wesentliches Merkmal der Graphidaceen betrachtet, und nur Formen mit krustigem oder hypophlöodischem Thallus werden der Gruppe zugezählt. Auch mir sind blattartige (plattenförmige) Graphidaceen-Thalli nicht bekannt geworden, dagegen habe ich mehrere strauchförmige Genera hierher gerechnet. Auf ein principielles Bedenken kann diese systematische Neuerung um so weniger stossen, als sämmtliche übrigen Hauptabtheilungen der Flechten Strauchformen neben Krustenformen aufweisen. Weil aber Neuerungen wesentlicher Art zunächst gewöhnlich misstrauisch aufgenommen werden, so will ich hier noch mit einigen Worten auf die von mir zu den Graphidaceen gestellten strauchförmigen Gattungen Schizopelte, Roccella und Combea, denen kürzlich von Darbishire das interessante Genus Dendrographa hinzugesellt worden ist, zurückkommen.

Die anatomischen Abbildungen von Schizopelte californica in meiner Fig. 79 sind nach einem etwas kleinen Maassstabe gezeichnet worden, ich gebe deshalb als Ergänzung in nebenstehender Fig. 204 noch einen etwas stärker vergrösserten Schnitt aus dem Rande des Apotheciums. In dieser Figur tritt die, aus äusserst locker verflochtenen Hyphenendigungen bestehende Rinde in erwünschter Deutlichkeit hervor, die Chroolepuszellen der Gonidien sieht man kettenförmig zusammenhängen. Ein Vergleich mit meinen Abbildungen Fig. 70 *III* und 71 *III* zeigt besser, als Worte es zu thun vermögen, die weitgehende Uebereinstimmung mit Platygrapha und Pilocarpon, und der Bau der Sporen, welche nach Tuckerman fingerförmig und vier- bis siebenzellig sind, kann nur für die engen Beziehungen dieser Gattungen sprechen. In der That fehlt den Apothecien von Platygrapha dilatata (vergl. meine Fig. 72) lediglich der podetienförmige Stiel, um eine der Schizopelte äusserst ähnliche Pflanze zu bilden. Dass aber im Verwandtschaftskreise von Platygrapha die Tendenz vorkommt,



Fig. 204. *Schizopelte californica. Schnitt durch den Rand eines Apotheciums $\left(\frac{100}{1}\right)$.

den Thallus zu podetienförmigen Gebilden aussprossen zu lassen, wird durch Pachnolepia lobata (vergl. meine Fig. 74) bewiesen; denken wir uns die Thalluswarzen dieser Flechte nur etwas mehr verlängert, so würden wir unmittelbare Uebergänge zum Schizopelte-Thallus erhalten.

Auf Platygrapha hat Darbishire[1]) auch seine Dendrographa leucophaea, die früher zu Roccella gestellt wurde, zurückgeführt. Ich glaube, dass die Uebereinstimmung im Bau des Apotheciums von Niemand wird geleugnet werden können. Indem ich auf die citirte Abhandlung verweise, möchte ich nur auf einen Umstand aufmerksam machen, der mir Beachtung zu verdienen scheint. Nach meiner Auffassung tritt im morphologischen Aufbau von Dendrographa eine bemerkenswerthe Analogie zum Aufbau der Cladonien hervor. Nach Darbishire's Schilderung (ich verweise namentlich auf seine Fig. 2a) gliedert sich der Thallus von Dendrographa in ein primäres und ein secundäres Stück, das primäre Stück ist die von einer dicht gewebten Rinde bedeckte Basalscheibe, und der secundäre, aufrechte, in seiner strauchartigen Verzweigung einer Cladonia furcata vergleichbare Thallus entspringt aus der Markschicht der Basalscheibe und durchbricht deren Rinde, ist also endogenen Ursprungs. Da mir eine nähere Verwandtschaft von Dendrographa und Cladonia ganz ausgeschlossen zu sein scheint, da ich ferner mit Darbishire an der Zugehörigkeit ersterer Gattung zu den Graphidaceen gar nicht zweifle, so ergiebt sich, dass der interessante Charakter eines diploblastischen Thallus — welche zutreffende Bezeichnung des Cladonia-Typus wir J. Müller Arg. verdanken — in unabhängiger Bildung, als wahre Analogieform, in zwei der grossen Hauptabtheilungen der Flechten entstanden ist.

Die Beziehungen von Dendrographa zu Platygrapha einerseits, zu Roccella andererseits haben mich hauptsächlich bewogen, die Gattungen Dirina, Roccella und Combea nicht als besondere Familie von den Graphidaceen zu trennen. Auch stehen, worin ich wiederum J. Müller's Anschauung vollkommen

---

1) Dendrographa, eine neue Flechtengattung. (Ber. d. deutsch. botan. Gesellsch., 1895, S. 313 ff.)

theile, die Gattungen Dirina und Platygrapha einander sehr nahe, so dass man Dirina vielleicht auch von Platygrapha ableiten kann, wenn nicht beide Genera sich aus einer gemeinsamen phylogenetischen Wurzel abgezweigt haben. In Bezug auf Platygrapha sagt J. Müller wörtlich: „A Dirina absolute non nisi paraphysibus irregularibus varie connexis distingui potest, reliqui characteres utriusque ad amussim conveniunt“[1]). Auf der anderen Seite ist nicht nur die Uebereinstimmung im Bau der Apothecien von Dirina und Roccella von den Lichenologen häufig genug hervorgehoben worden, sondern auch der anatomische Bau des Thallus zeigt bei beiden Gattungen weitgehende Uebereinstimmung; namentlich ist bei beiden die Rindenschicht in sehr eigenartiger Weise ausgebildet. Mit Recht hat Darbishire darauf hingewiesen, dass ein Durchschnitt des krustenförmigen Thallus von Dirina die grösste Aehnlichkeit besitzt mit dem jugendlichen Thallus von Roccella phycopsis, wie er in Bornet's schönen Zeichnungen (Recherches etc., Taf. 7, Fig. 1—3) sich dargestellt findet.

Wenn Schizopelte, Dendrographa und Dirina-Roccella von Platygrapha abgeleitet wurden, so bleiben die phylogenetischen Wurzeln von Platygrapha noch zu ermitteln. Im Uebrigen bilden die von mir in Abhandl. IV behandelten einfacheren Typen der Graphidaceen eine Illustration dazu, inwiefern die Familie der Graphidaceen eine natürliche, inwiefern sie eine künstliche ist. Sie zeigen, wie bei dem gegenwärtigen Stande unseres Wissens und unserer Anschauungen der Systematik der Flechten die doppelte Aufgabe gestellt ist, ein praktisches Flechtensystem zu bilden und dies System mit den phylogenetischen Beziehungen der Flechten möglichst in Einklang zu setzen. Nachstehende Flechtengattungen entsprechen den gegenübergestellten Pilzgattungen:

Flechte	Pilz
Placographa	Mycoplacographa.
Melaspilea	Mycomelaspilea.
Arthonia	Mycarthonia.
Lecanactis	Patinella.
Graphis und Opegrapha	Hysterium?

1) Graphideae Feeanae, p. 13.

Von diesen Gattungen besitzt also jede ihre besondere phylogenetische Wurzel, und ob diese Pilze, aus denen die betreffenden Flechten hervorgegangen sind, in noch erhaltenen, unvollkommneren Pilzen sich monophyletisch vereinigen, ist zweifelhaft, wenigstens sind mir keine Pilzformen bekannt, auf welche sich die genannten Genera zurückführen lassen. A priori sind nun der Classification zwei Wege gegeben. Entweder theilt sie, wie wir es gethan haben, die hier zusammengestellten Gattungen durch eine Verticallinie, so dass zwei Gruppen entstehen, von denen die eine Pilze, die andere Flechten umfasst. Oder sie theilt durch horizontale Linien, dann entstehen fünf Gruppen, deren jede einen Pilz und die zugehörige Flechte umfasst. Beide Verfahren sind zunächst rein classificatorischer Art. Ich halte aber den ersteren Modus für den zur Zeit allein praktischen und zweckmässigen, er vermag zugleich der natürlichen, d. h. phylogenetischen Verwandtschaft ebenso gut Rechnung zu tragen, wie der zweite; und das äusserst wichtige Moment des Flechtenthallus tritt bei dieser Eintheilung am schärfsten hervor. Dieselben Bedenken aber, die uns hier bei der Classification einer einzigen Familie entgegentreten, machen sich geltend, wenn wir den gesammten Kreis der Flechten als Klasse den Pilzen gegenüberstellen. Dennoch halte ich daran fest: so lange wir von Pilzen sprechen und die Pilze als Klasse der Thallophyten behandeln, bilden auch die Flechten eine Thallophyten-Klasse.

Zweite Reihe: ***Lecideales.***

Die Lecidealen sind gleichfalls eine polyphyletisch entstandene Abtheilung der Flechten, die sich von verschiedenen Patellariaceen, theilweise wahrscheinlich auch von Stictideen herleiten lassen. Ihre Apothecien sind radiär, selten zygomorph gebaut, typisch ohne Gonidien im Gehäuse. Die Gonidien sind vorwiegend protococcisch. Der Thallus besitzt Neigung zu secundären Sprossungen, er ist spinnwebig, krustenförmig, blattartig oder strauchig entwickelt.

Ich bin geneigt, folgende vier Familien in dieser Reihe zu unterscheiden: Gyalectaceen, Lecideaceen, Umbilicariaceen und Cladoniaceen.

a) *Gyalectaceae.*

Die kleine Familie der Gyalectaceae ist als eine in vielen Beziehungen nur provisorisch abgegrenzte Gruppe anzusehen. Ich möchte zu derselben zunächst die Gattungen Jonaspis, Gyalecta und Coenogonium rechnen, Formen mit wesentlich biatoriner Frucht, deren Pilzconsors sich typisch Algen aus dem Genus Chroolepus angepasst hat. Coenogonium scheint mir mit Gyalecta nahe verwandt zu sein, es ist eben nur eine besondere, allerdings ganz eigenartige Habitusform. Von besonderer Wichtigkeit scheint es mir zu sein, die phylogenetischen Wurzeln der hierher gerechneten Flechten genau festzustellen, es dürfte zur Frage stehen, ob sie von Patellariaceen oder von Stictideen abstammen. Sollte das Letztere, wie ich bestimmt glaube, der Fall sein, so würde Xylographa in engere Beziehungen zu ihnen zu treten haben.

Schon in der vorigen Abhandlung machte ich darauf aufmerksam, dass die Frucht von Gyalecta sublecanorin ist, d. h. dass bei einzelnen Arten Gonidien in das Fruchtgehäuse eindringen. Ich verweise in dieser Hinsicht auf meine Abbildung von Gyalecta lutea in Fig. 31. Schon durch diesen Umstand wird die Abgrenzung der Familie nach oben in Frage gestellt. Es tritt uns hierin eine Thatsache entgegen, die für jede phylogenetische Anordnung nur natürlich ist, dass Typen, wie das biatorine und das lecanorine Apothecium, durch Mittelformen verbunden sind. Für eine, zugleich praktische Ziele anstrebende, darum mehr weniger künstliche Classification sind solche Uebergangsformen unbequem, man ist durch sie gezwungen, zu laviren und vom strengen Schema bald nach dieser, bald nach jener Richtung hin abzuweichen. Tuckerman's Urceolarieen würde ich daher am liebsten mit den Gyalectaceen in eine Familie verschmelzen. Allein da ich in der Trennung der Lecideales und der Parmeliales das biatorine und das lecanorine, beziehungsweise parmeleine Apothecium als Haupteintheilungsprincip festhalte — das freilich, wie ich alsbald hervorheben werde, auch nur typische, nicht absolute Giltigkeit besitzt und darum Ausnahmen zulassen muss —, so mögen die Gyalectaceen einstweilen bei den Lecideales verbleiben.

Nachdem diese Abhandlung bereits abgeschlossen war, sammelte ich an feuchten Diabaswänden bei Berneck im Fichtelgebirge eine interessante Form von Gyalecta cupularis, die mir noch Anlass zu einer bildlichen Darstellung geboten hat.

Die Flechte besitzt Gonidien, welche von der Alge Chroolepus aureus abstammen. Man findet sie im Oelsnitzthale bei Berneck, daselbst auch nur an Felswänden, auf welchen Chroolepus aureus wächst. Hier fallen die hell umrandeten Apothecien mit der orangegelben Scheibe zwischen den Rasen der Alge sogleich ins Auge; in ihrer unmittelbaren Nähe zeigt der Chroolepus ein mehr weniger verkümmertes oder vielmehr verwüstetes Aussehen, wenngleich immer einzelne, völlig gesunde Algenbüschel am krustenförmigen Flechtenthallus sich finden. (Vergl. Fig. 205, *II.*) In dieser Fig. 205, *I* ist ein Thallus der Flechte dargestellt, welcher einer Gesteinsplatte aufsass, die an dieser Stelle nur wenig Algenbüschel trug; soweit letztere mit der Thalluskruste in Zusammenhang stehen, sind sie kleiner und schmächtiger, als die von der Flechte ganz unabhängigen Büschel bei *c*. Man bemerkt auf dieser Kruste mehrere Apothecien mit bereits geöffneter Scheibe, eins in der Mitte durch eine Scheidewand getheilt; daneben sind noch zahlreichere, unentwickelte Apothecien vorhanden, sie treten als kleine Höcker mehr oder weniger deutlich hervor.

Die Apothecien werden im Innern der Thalluskruste angelegt und durchbrechen deren Oberfläche. Fig. 205, *IV* ist ein Stück des Thallus in der Flächenansicht von oben betrachtet mit einer jungen Apotheciumanlage, welche sich eben hervorwölbt, die Kruste aber noch nicht durchbrochen hat; man bemerkt über ihrem Scheitel noch Gonidien. Diese Gonidien sind isolirte, kugelige oder etwas längliche Zellen, welche ziemlich gleichförmig zerstreut im Thallus sich finden. An den Böschungen der Apotheciumanlage sind sie scheinbar dichter gesäet, weil ihre Schicht hier in der Verkürzung erscheint.

III ist ein Durchschnitt durch Thallus und Apothecium. Im Thallus sind ein paar dunkle Fremdkörper eingeschlossen, oberhalb derselben bemerkt man die Gonidien. Da diese auch unter der Scheibe des Apotheciums sich hinziehen, so muss letzteres in einer mittleren Schicht der Thalluskruste angelegt werden. Eine Rindenschicht trägt der Thallus nicht.

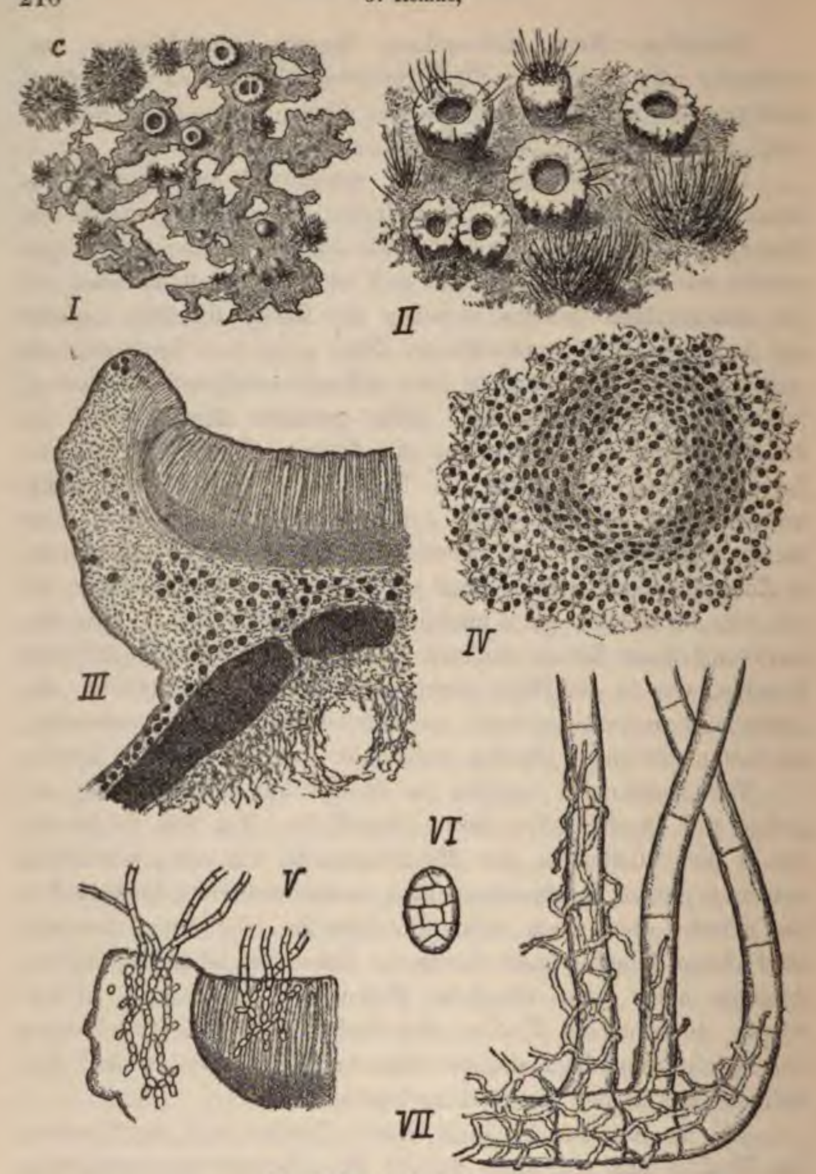


Fig. 205. Gyalecta cupularis.

I Thalluskruste, einer glatten Diabasplatte aufsitzend, mit Apothecien in allen Entwickelungsstadien, eins ist getheilt; bei *c* und anderen Stellen Büschel von Chroolepus aureus ($^{3}/_{1}$). *II* Einige Apothecien, zum Theil von Chroolepus-Fäden durchwachsen ($^{10}/_{1}$). *III* Schnitt durch ein Apothecium ($^{100}/_{1}$). *IV* Thallus mit Apotheciumanlage von oben betrachtet ($^{100}/_{1}$). *V* Schnitt durch ein Apothecium mit Chroolepus-Fäden in Gehäuse u. Scheibe ($^{100}/_{1}$). *VI* Eine Spore ($^{800}/_{1}$). *VII* Chroolepus-Fäden von Hyphen umsponnen, etwas schematisirt ($^{500}/_{1}$).

Das Gehäuse des Apotheciums ist hell, wachsartig-fleischig, es besteht aus pseudoparenchymatisch verflochtenen Hyphen, welche nur gegen den der Scheibe zugewandten Theil des Randes orthogonal und untereinander mehr weniger parallel verlaufen. Gewöhnlich fand ich einzelne Gonidien im Gehäuse der Frucht, selten war es ganz gonidienfrei, dagegen sind auf dem Schnitt in *III* verhältnissmässig zahlreiche Gonidien getroffen.

Während die Mehrzahl der Apothecien äusserlich keine Chroolepus-Fäden trägt, sprossen bei einigen einzelne Fäden, selten ganze Büschel aus dem Rande des Gehäuses, noch seltener aus der Scheibe *(II)*. Ein Längsschnitt eines solchen Apotheciums zeigt, dass dasselbe von verzweigten Algenfäden durchwachsen wird *(V)*. In *VI* wurde eine der mauerförmig-vielzelligen Sporen abgebildet.

Die bei der Keimung dieser Sporen aus deren Theilzellen sich entwickelnden Hyphen umspinnen die Fäden des Chroolepus *(VII)*. Diese Alge besteht aus horizontalen, dem Substrat angeschmiegten, verzweigten Zellreihen, aus denen verticale Fäden büschelförmig emporsprossen. Von den Flechtenhyphen werden hauptsächlich nur die horizontalen Fäden umsponnen und in Gonidien umgewandelt, während die verticalen Theile der Alge dadurch zum Absterben gebracht werden; daher sieht die Chroolepus-Vegetation mehr oder weniger beschädigt aus. Seltener bleiben auch die Verticalfäden erhalten, sie können dann mit ihrem unteren Stück in das Gewebe eines Apotheciums mit einbezogen werden und treten an deren Oberfläche als ganz gesunde Büschel wieder aus.

Die Umwandlung der Algenfäden in Gonidien besteht darin, dass ihre cylindrischen Zellen sich von einander sondern und sich zu eiförmigen Körpern abrunden, welche durch die intercalare Wucherung der Hyphen mehr weniger weit von einander getrennt werden. In solchen Fällen, wie die Fig. 205, *II* und *V* sie zeigen, kommt es gewöhnlich nur zu einer tonnenförmigen Abrundung, nicht aber zu einer völligen Trennung der Algenzellen im Innern des Apotheciums.

Die zu Gonidien gewordenen, isolirten Algenzellen zeigen ein völlig gesundes, lebenskräftiges Aussehen, sie machen keineswegs den Eindruck eines Nährwirths, der von einem Parasiten

ausgesogen wird. Sie sind zu Consorten eines Flechtenthallus geworden, der wohl an die Hyphen von seinem Ueberfluss abgiebt, dafür aber sein Entgelt empfängt. Dagegen gewährt das erste Stadium der Thallusbildung, wie es in *VII* hervortritt, durchaus den Eindruck, dass eine Alge durch einen parasitischen Pilz befallen wird; verkümmern unter dem Einflusse der Hyphen doch gewöhnlich auch die oberen Theile der Algenfäden. Wir haben somit in Gyalecta cupularis ein schönes Beispiel dafür, wie die parasitische Symbiose in die consortiale übergeht.

Sowohl die Gestalt der Apothecien mit dem ausgezackten Rande, wie auch das helle, weiche Gewebe des Gehäuses machen den Eindruck, dass Gyalecta cupularis bei den Stictideen ihre nächsten Verwandten unter den Pilzen besitzt. Auf die Aehnlichkeit ihrer Thallusanfänge mit Coenogonium braucht wohl kaum ausdrücklich hingewiesen zu werden.

b) *Lecideaceen.*

Zu den Lecideaceen rechne ich folgende Gattungen mit lediglich primärer Thallusbildung: Lecidea, Biatora, Bacidia, Thalloidima, Sphaerophoropsis. Ferner sind hierher zahlreiche Krustenflechten zu stellen, die Nylander alle unter seine Lecidea vereinigt, die aber meines Erachtens doch besser als besondere Gattungen unterschieden werden, damit das Genus Lecidea nicht zu unförmlich aufschwillt. Ich bemerke gleich vorweg, dass ich an dieser Stelle unter Lecidea nur Arten mit einzelligen Sporen und mit festem, dunklem Gehäuse verstehe, wovon sich Biatora durch ein weiches, helles Gehäuse unterscheidet; Biatora dürfte die Grundform, Lecidea vielleicht ein davon abzuleitender Typus sein. Ausgeschlossen habe ich hier von den Lecideaceen — ich gebe ohne weiteres zu, mehr weniger willkürlich ausgeschlossen — die Gattungen Coenogonium, Gyalecta, Biatoridium, Buellia, Megalospora, Psora. Auf jeden Fall betrachte ich die hier getroffene Abgrenzung der Lecideaceen als eine provisorische.

Biatora scheint mir von besonderer Wichtigkeit zu sein, weil sie meines Dafürhaltens die phylogenetische Wurzel bildet für Lecanora und Parmelia; ihrerseits ist sie auf die Patellariacee

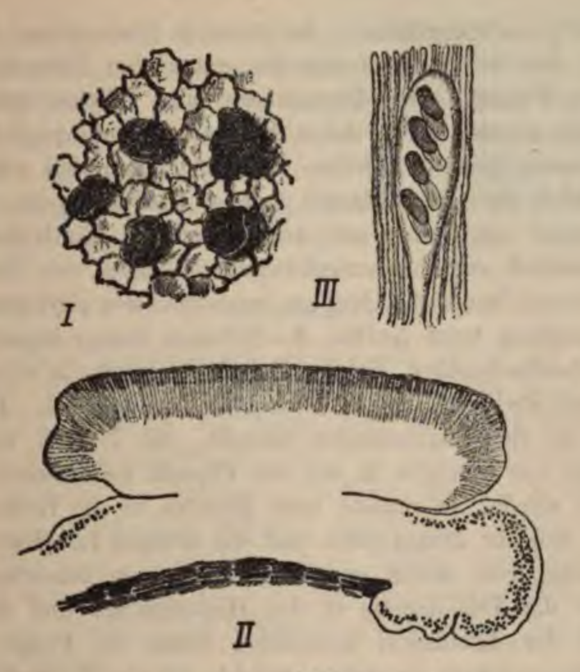


Fig. 206. *I* Biatora rivulosa $\left(\frac{6}{1}\right)$. *II* Durchschnitt von Frucht und Thallus, einer Baumrinde aufsitzend $\left(\frac{25}{1}\right)$. *III* Paraphysen und Schlauch mit Sporen $\left(\frac{400}{1}\right)$.

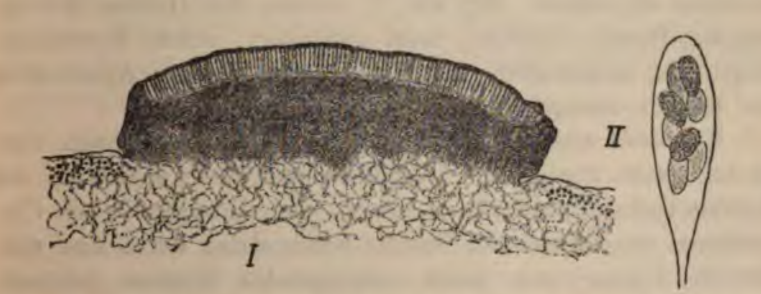


Fig. 207. Lecidea confluens. *I* Durchschnitt von Frucht und Thalluskruste $\left(\frac{25}{1}\right)$. *II* Schlauch mit Sporen $\left(\frac{300}{1}\right)$.

Patinella[1]) zurückzuführen. In strenger Consequenz des Verfahrens, das bei Abgrenzung der unter den Parmeliales aufgeführten Familien der Physciaceen und Theloschisteen eingeschlagen wurde, würde daher Biatora als Anfangsglied zu den Parmeliaceen gestellt werden müssen. Allein ich erkenne es ausdrücklich für einen Mangel meiner Anordnung an, dass sie nicht immer consequent sein kann, und bei Eintheilung einer phylogenetisch eng zusammenhängenden Masse von Formen in umschlossene, handliche Gruppen muss man den phylogenetischen Zusammenhang beim Aufbau des Schemas immer irgendwo willkürlich durchschneiden. Solchen Schnitt kann man in verschiedene Höhe und Richtung legen, horizontal oder vertical. Hätte ich Biatora zu den Parmeliaceen gestellt, wie Buellia nach dem Vorgange von Wainio in die von Physcia beherrschte Familie gebracht wurde, so musste auch Bacidia in die Reihe gestellt werden, welcher Icmadophila und die übrigen Lecideacei diploblasti angehören; damit gerieth aber das sehr bemerkenswerthe Merkmal der Diploblastie in den Hintergrund, und der ganze Bestand der Lecideacei monoblasti wurde in Frage gestellt. Diese Consequenzen zu ziehen, möchte ich der Zukunft anheimgeben; ich sehe schon deswegen davon ab, weil ich mir über die zahlreichen, mit Biatora und Lecidea nahe verwandte Flechtentypen kein abschliessendes Urtheil gebildet habe.

Wegen der grossen Wichtigkeit der Grundform habe ich noch auf voriger Seite in Fig. 206 eine Darstellung von Biatora rivulosa, in Fig. 207 einen Durchschnitt der Frucht von Lecidea confluens abgebildet. Fig. 206, *1*, welches den Habitus der genannten Biatora darstellt, zeigt ausserdem, welche Formwandlungen das ursprünglich eine Kreisscheibe bildende Apothecium von Biatora einzugehen vermag.

Es wurde schon in Abhandlung IV darauf hingewiesen, dass ich im Genus Bacidia die Grundform und den Ausgang für die diploblastischen Lecideales erblicke, die ich nunmehr als Cladoniaceen zusammenfasse; Bacidia wurde daher durch eine willkürliche Caesur von ihrem aufsteigenden Stamme getrennt.

---

1) Durch die Pilzgattung Patinella wird auch das zu den Graphidaceen gestellte Genus Lecanactis den Lecideaceen nahe gebracht.

Die monoblastischen Lecideaceen haben sich auch ihrerseits, d. h. ohne secundäre Aussprossungen, zu strauchförmigen Thallusformen fortgebildet, als solche betrachte ich die in der vorigen Abhandlung besprochenen Gattungen Thalloidima und Sphaerophoropsis. Die erstere besitzt zwei- bis vierzellige, die letztere zweizellige Sporen; von welchem Genus der Familie beide abzuleiten sind, muss vorläufig dahingestellt bleiben.

c) *Umbilicariaceen.*

Zu den Umbilicariaceen rechne ich ausser der Gattung Umbilicaria (incl. Gyrophora) noch die Gattung Psora. Diese letztere besteht theils aus Arten mit warzig-krustenförmigem, theils mit blattartigem Thallus und lässt sich auf Biatora zurückführen, mit der sie die acht einzelligen Sporen im Schlauche theilt. Das Bindeglied zwischen Psora und Umbilicaria wird meines Erachtens hergestellt durch Umb. microphylla. Die weiter fortentwickelten Umbilicarien sind grosse Flechten mit laubartigem Thallus, der typisch mit centralem Nabel an der Unterlage haftet.

Man stellt wegen der Laubform die Umbilicarien gewöhnlich mit den Parmelien zusammen, obgleich die lecideinen Früchte auf die Zugehörigkeit zu den Lecideales hinweisen. Diese Laubform findet weitgehende Analogien im Thallus von Parmelia arizonica und von Endocarpon miniatum, doch sind das eben nur Analogiegebilde ohne nähere Verwandtschaft. Die gyrösen Früchte vieler Umbilicarien stellen eine, auf einem eigenthümlichen Theilungsmodus beruhende Fortbildung der typisch lecideinen Frucht dar, auch die Sporenbildung zeigt im Einzelnen bemerkenswerthe Abwandlungen.

d) *Cladoniaceen.*

Alle bisher besprochenen Lecideales kann man als Reihe der Haploblasti zusammenfassen, da ihr Thallus, mag er krustenförmig, laubförmig oder strauchförmig entwickelt sein, doch immer im primären Entwickelungsstadium verharrt und niemals jene secundären Sprossungen zeigt, wie sie für die hier als Cladoniaceen zusammengefassten Gattungen charakteristisch sind, und

derentwegen J. Müller diese Flechten sehr zutreffend Dip
blasti genannt hat. Ich habe dieselben, da es mir zweckmäs
schien, sie doch als besondere Familie zu unterscheiden, na
ihrer wichtigsten Gattung Cladoniaceen genannt, während sie
Abhandlung IV unter der Rubrik Baeomyceen besproch
werden sind.

A. a. O. habe ich ausgeführt, dass die Grundform d
Familie mir in Icmadophila gegeben zu sein scheint, welc
ihrerseits wieder von der Lecideaceen-Gattung Bacidia abgelei
werden kann. Da nun Bacidia sich wieder unmittelbar auf d
Patellariaceen-Genus Mycobacidia zurückführen lässt, so wür
die natürlichste Umgrenzung des Flechtenstammes der Clad
niaceen die Gattung Bacidia mitumfassen. Allein dann ge
das vortreffliche Gruppenmerkmal der Diploblastie verloren, hi
tritt wieder das Compromiss zwischen phylogenetischer und kün
licher Classification in Kraft, welches ja schon in Geltung komm
wenn wir Mycobacidia und Bacidia, die gewiss äusserst na
verwandt sind, in zwei verschiedene Klassen der Thallophyt
verweisen. Aber irgendwo muss der gewaltsame Trennungsschn
eintreten, wenn wir nicht auf jede Gruppenbildung, auf je
rationelle und praktisch zweckmässige Classification überhau
verzichten wollen.

Zu den Cladoniaceen stelle ich folgende Gattungen: Icm
dophila, Pycnothelia, Sphyridium, Gomphillus, Gymnoderm
Glossodium, Thysanothecium, Pilophoron, Stereocaulon, Argope
Baeomyces, Cladonia. Ihnen allen ist gemeinsam, dass a
einem krustig-warzenförmigen oder laubartigen Primärthallus si
säulenförmige oder strauchartig verzweigte secundäre Thalli e
heben, welche morphologisch dem Fuss eines Apotheciums homol
sind. In der Mehrzahl der Fälle sind diese secundären Tha
oder Podetien radiär gebaut, bei Glossodium und Thysanotheciu
aber sind sie zygomorph und bifacial. Einige Arten von Stere
caulon, sowie das Genus Thysanothecium entfernen sich im B
des Apotheciums vom lecideinen Typus dadurch, dass unterh
des Hymeniums Gonidien auftreten.

Gerade diese Arten, ich nenne hier als Beispiel das v
Nylander beschriebene, in Neugranada wachsende Stereocaul
lecanoreum, sind von besonderem Interesse für die allgemein

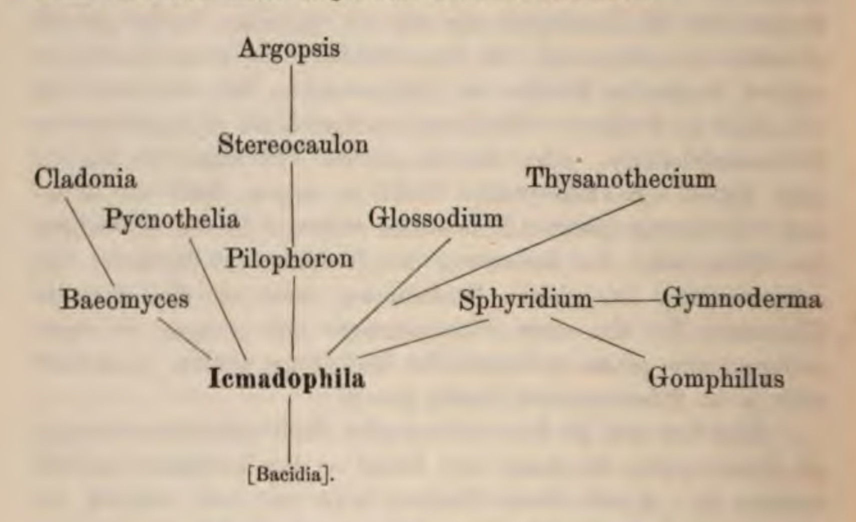
Fragen der Classification. Zunächst dürfte klar sein, dass, wenn Stereocaulon überhaupt zu den Cladoniaceen und damit zu den Lecideales gestellt wird, bei streng consequentem Festhalten der Charaktere St. lecanoreum zu den Parmeliales wegen des lecanorinen Apotheciums gebracht werden müsste. Indessen wäre es gewiss ein Fehler, die so natürliche Gattung wegen dieses einzigen Merkmals auseinander zu reissen. Meines Erachtens lernen wir aus dem Falle, dass auch das Merkmal der lecideinen Frucht für die Lecideales nur als ein typisches, nicht als ein absolutes zu gelten hat. Es kann vereinzelt in einem Genus mit typisch lecideiner Frucht, wie Stereocaulon, das Auftreten von Gonidien im Gehäuse vorkommen, ein Specialfall phylogenetischer Fortentwickelung. Aber dies lecanorine Fruchtgehäuse bei ein paar Arten von Stereocaulon bleibt in diesem Falle ein Merkmal von untergeordneter Bedeutung, während für die Abtheilung der Parmeliales die Bedeutung der Gonidien im Gehäuse eine sehr wichtige ist. Diese Erscheinung, dass ein und derselbe Charakter bei der einen Pflanzengruppe eine geringe, bei einer anderen eine grosse systematische Bedeutung besitzt, wiederholt sich ja im Pflanzenreiche häufig genug.

Man hat sich in dem vorliegenden Falle natürlich zu fragen, ob Stereocaulon überhaupt mit Recht zu den Lecideales gestellt worden ist. Ausser dieser Stellung wäre nur noch möglich, die Gattung an die Parmeliales anzuschliessen oder zum Repräsentanten einer besonderen Reihe zu machen. Bei den Parmeliales aber sucht man vergebens nach einer Flechte, mit der Stereocaulon verwandt sein könnte; bildete es aber gar eine eigene Reihe, so würde es gleichsam in der Luft schweben. Dagegen scheinen mir die nächsten Verwandten von Stereocaulon sich bei den Lecideales zu finden, so dass man innerhalb der Cladoniaceen einen ganz befriedigenden Platz für die interessante Gattung gewinnt.

Auch Thysanothecium scheint mir trotz der Gonidien unterhalb der Hymenialscheibe am nächsten mit Glossodium verwandt zu sein und gleichfalls einen Specialfall von Fortentwickelung in der gleichen Richtung darzustellen, welche die Reihe der Parmeliales unter Anknüpfung an Biatora eingeschlagen hat. Ich habe vielfach darüber nachgedacht, ob sich für Thysanothecium

ein Anschluss an eine Parmeliacee finden lässt, allein mit negativem Ergebniss. Am ehesten könnte man wegen der zygomorphen Apothecien versucht sein, an eine Verwandtschaft mit Peltigera zu denken, doch der allgemeine morphologische Aufbau ist zu abweichend und weist gebieterisch auf Glossodium zurück.

Den verwandtschaftlichen Zusammenhang der Cladoniaceen kann man sich unter folgendem Schema vorstellen:



Bei dieser Auffassung würde die Familie der Cladoniaceen eine monophyletische sein. Ich glaube, dass diese Gruppe sich von Bacidia abgeleitet hat, zu welcher Auffassung mich besonders die Sporen von Icmadophila bestimmen. Die einzelligen Sporen von Cladonia würden zwar als Argument für den unmittelbaren Anschluss dieser grossen Gattung an Biatora angeführt werden können, allein wenn man, wie ich es thue, die Cladonia-Arten mit grossblätterigem Thallus, wie Cl. miniata und alcicornis, für die primären Formen der Gattung hält, so ist doch der Anschluss dieser Arten an Biatora meines Dafürhaltens misslicher als an Baeomyces. Auch verbinden die Sporen von Baeomyces diejenigen von Icmadophila mit den Sporen von Cladonia, man braucht sich nur vorzustellen, dass die Letzteren durch rückschrittliche Entwickelung einzellig geworden sind.

Dies letztere anzunehmen, liegt um so weniger fern, als auch die Asci von Cladonia auf eine rückläufige Entwickelung hindeuten, indem sie häufig steril bleiben, und nach Krabbe dienen die Sporen bei Cladonia selten oder nie zur Fortpflanzung, welche auf der Production von Soredien beruht. Nehmen wir an, dass die Sporen von Cladonia durch Reduction einzellig geworden sind, so würde diese Gattung sich darin wie Sphaerophoron verhalten, welches unzweifelhaft einen hochentwickelten Flechtentypus repräsentirt, der von Flechten mit unvollkommenerem Thallus, aber mehrzelligen Sporen abzuleiten ist.

Dritte Reihe: **Parmeliales.**

Die Parmeliales sind Flechten mit Chlorogonidien, die typisch von Protococcus-, selten von Chroolepus-Algen gebildet werden. Der Thallus ist spinnwebig, krustenartig, laubartig oder strauchförmig entwickelt, doch sind auch die strauchartigen Typen als Primärthalli anzusehen. Die Früchte sind radiär gebaute Scheiben, seltener treten Urnenformen auf, typisch besitzen sie ein Gonidien enthaltendes Thallusgehäuse. Die Abtheilung ist polyphyletisch auf verschiedene Pilze aus den Familien der Patellariaceen und Stictideen zurückzuführen, doch lässt sich die Hauptreihe der Parmeliales, die ich als Familie der Parmeliaceen bezeichne, von Biatora ableiten.

Die Parmeliales theile ich in folgende Familien: Urceolariaceen, Physciaceen, Pertusariaceen, Parmeliaceen, Theloschistaceen, Acarosporaceen.

a) *Urceolariaceen.*

Dass hinsichtlich dieser Flechtengruppe, zu der ich die Gattungen Conotrema, Ascidium, Gyrostomum, Thelotrema, Belonia, Polystroma und Urceolaria rechne, bei mir mancherlei Zweifel bestehen, habe ich bereits in der vorigen Abhandlung hervorgehoben. Die Mehrzahl dieser Typen besitzt Chroolepus-Gonidien, und ich bin geneigt, sie für eine Fortbildung der Gyalectacen zu halten, womit ihr Stammbaum auf die Stictideen zurückweisen würde. Es dürften, wenn sich diese Muthmassung bestätigt, die Gattungen mit verkohltem Fruchtgehäuse in ähn-

licher Weise von Gyalecta ableiten sein, wie Lecidea vo
Biatora, und das hinzutretende Thallusgehäuse ist ja eine, siche
zu verschiedenen Malen entstandene specifische Bildung de
Flechtenconsortiums. Möglich ist aber auch, dass künftige Unter
suchungen wenigstens einen Theil dieser Gattungen von de
Gyalectaceen trennen und auf Patellariaceen zurückführen werde
Nur erscheint es mir zur Zeit wenig einleuchtend, dass in Gya
lecta, Thelotrema und Urceolaria drei ganz getrennte Stämm
vorliegen sollen.

Der Thallus geht in dieser Familie nicht über die Krusten
form hinaus. Wenigstens sind mir keine Formen mit laub
artigem Thallus bekannt ge
worden, und die Strauchfor
von Polystroma kommt nac
Ausweis der Abbildungen Mon
tagne's dadurch zu Stande
dass mehr weniger kurz ge
stielte Früchte auseinander her
vorsprossen und aufrechte, sich
gabelnde Ketten von Apothecien
bilden. (Vergl. Fig. 208.)



Fig. 208. *Polystroma Fernandezii $\left(\frac{8}{1}\right)$. [Nach Montagne copirt.]

Schliesslich mögen die hier
her gezogenen Flechten, die viel
Interessantes darbieten, für eine
umfassende monographische Be
arbeitung dringend empfohlen
sein.

b) *Pertusariaceen.*

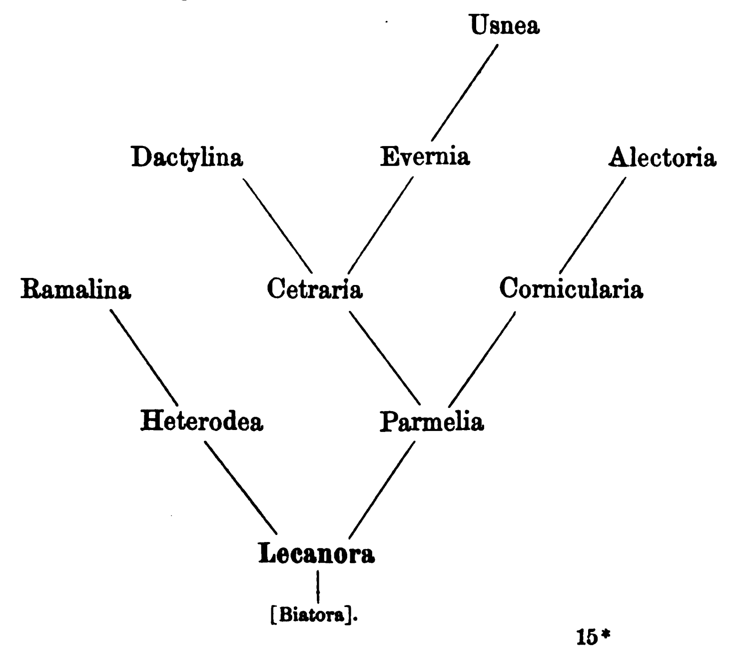


zweifelhaft ist, und dass sie in gleicher Weise wie die vorige ein näheres monographisches Eingehen lohnen dürfte. Jedenfalls hat die Sporenbildung innerhalb der Familie sehr stark variirt.

c) *Parmeliaceen.*

Zu den Parmeliaceen rechne ich: Lecanora mit den Untergattungen Squamaria und Haematomma, Heterodea, Ramalina, Parmelia, Cetraria, Dactylina, Evernia, Cornicularia, Alectoria, Usnea. Ich halte die Familie für monophyletisch.

Auf die morphologischen Eigenthümlichkeiten dieser Gattungen bin ich in der vorigen Abhandlung eingegangen; um Wiederholungen zu vermeiden, sei darauf verwiesen. Hervorheben will ich nur, dass für die Familie die Sporenbildung von Biatora, aus welcher Lecanora hervorgegangen sein dürfte, typisch ist, dass aber nichts destoweniger die Sporenbildung auch innerhalb der Familie variirt hat; so besitzt bei Lecanora die Untergattung Haematomma nadelförmig-vierzellige, Ramalina zweizellige, bei Alectoria die Untergattung Atestia mauerförmig-vielzellige Sporen. Nachstehend ein Schema, welches die Verwandtschaft der Gattungen andeutet, wie ich sie mir denke:



Vierte Reihe: Cyanophili.

Die von mir hier als Cyanophili zusammengefassten Flechten bilden eine den Parmeliales parallele Gruppe, welche dadurch ausgezeichnet ist, dass blaugrüne Algen als Gonidienbildner in ihr vorherrschen, dass Chlorogonidien nur selten auftreten und ihr Vorkommen als Ausnahme anzusehen ist. Die Glaucogonidien bilden also für diese Reihe ein wichtiges typisches Merkmal, in dessen Begriff es ja liegt, dass Ausnahmen vorkommen. Dass aber diese Ausnahmen jedenfalls in diesen Verwandtschaftskreis gehören, wird durch die übrigen Merkmale der betreffenden Flechten ausser Zweifel gestellt. Die Entstehung der Reihe ist polyphyletisch zu denken. Die Apothecien sind gewöhnlich radiär gebaute, seltener monosymmetrische Scheibenfrüchte, doch kommen auch Urnenformen vor, deren Träger ich trotzdem nicht zu den Pyrenocarpen zu stellen wage. Gewöhnlich sind die Früchte mit einem Thallusgehäuse versehen, die niedrigeren Typen besitzen jedoch biatorine Apothecien.

Ich unterscheide bei den Cyanophili die Familien: Lichinacei, Ephebacei, Pannariacei, Stictacei, Peltigeracei, Collemacei, Omphalariacei.

Ich gestehe, dass ich selbst gar zu gerne die Cyanophili als selbständige Reihe aufgegeben und mit den Parmeliales verschmolzen hätte. Dann wären aber auch die Lecideales unhaltbar geworden, und wir erhielten eine so formenreiche und in ihren Bestandtheilen so wenig übersichtliche Gruppe, dass ich bald von derartigen Versuchen Abstand genommen habe. Mag man die von mir getroffene Anordnung der Flechten immerhin ein künstliches System nennen: ein System, das nicht praktisch zu handhaben ist, hat auch kaum einen wissenschaftlichen Werth.

a) *Lichinaceen.*

Zu den Lichinaceen rechne ich die beiden Gattungen Calothricopsis und Lichina. Beide stimmen darin überein, dass ihre Gonidien von Rivulariaceen gebildet werden, und dass ihre Apothecien einen krugförmigen Bau besitzen. Ich trage in Fig. 209 eine Abbildung des Apotheciums von Lichina nach, eine etwas schematisirte Copie der Zeichnung von **Tulasne**.

unserer Fig. 124 abgebildete C. sinapispermum, keine Gonidien im Fruchtgehäuse besitzen, von den mit Thallusgehäuse ausgestatteten Arten nicht generisch getrennt haben. Aber dadurch bleiben Arten naher Verwandtschaft beisammen, die sonst weit auseinander gerissen werden könnten, von denen ein Theil bei pedantischer Handhabung der Gruppenmerkmale zu den Lecideales zu stellen sein würde. Es ist gewiss im Sinne einer natürlichen Anordnung gehandelt, wenn man nicht immer consequent bleibt in Bezug auf die Merkmale der Classification. So wird man wohl nicht leicht geneigt sein, Biatora mit Lecanora generisch zu vereinigen, während ich Wainio gerne darin gefolgt bin, Buellia von den Lecideaceen auszuschliessen und mit Rinodina und Physcia in eine Gruppe zu stellen.

f) *Acarosporaceen.*

Ueber die Bedenken, welche der Aufstellung dieser kleinen Familie entgegenstehen, habe ich mich bereits in der vorigen Abhandlung geäussert. Ich stelle hierher die Genera: Biatoridium, Acarospora, Anzia und mit ?? Thelocarpon. Wenn wir von letztgenannter Gattung absehen, die vielleicht richtiger zu den pyrenocarpen Flechten gebracht wird, so bilden die drei übrigen Genera eine in der aufsteigenden morphologischen Gliederung den Physciaceen und Theloschistaceen parallele und analoge Reihe. Gerade weil Biatoridium sicher aus der gonidienlosen Patellariacee Biatorella entstanden ist, möchte ich glauben, dass aus Biatoridium Acarospora, aus dieser Anzia phylogenetisch hervorgesprosst sei. Die letztgenannte Gattung ist ganz eigenartig characterisirt durch das sonst nirgends bei den Flechten vorkommende anastomosirende Fasergeflecht an der Unterseite des Thallus. Mit dem Rhizinenfilz der Pannariaceen hat diese Bildung wohl kaum etwas zu thun, man könnte sie eben so gut als eine pseudoparenchymatische Rinde mit grossen, regelmässigen, intercellularen Lücken deuten. Wenn auch bei Acarospora ähnliche Bildungen nicht bekannt sind, so bildet diese Schwammrinde doch neben den Myriosporen ein weiteres Moment zur Trennung von Parmelia wie von Psoroma, an deren Nähe sonst wohl bei der Placirung von Anzia gedacht werden müsste.

[illegible] ausge-
[illegible] der Genera
[illegible]:

[illegible]

[illegible] [illegible]

[illegible] [illegible]

[illegible] Psoroma

[illegible] [illegible]

[illegible]

[illegible]—[illegible]—Lepidocollema

[illegible]—Parmeliella—Lepidocollema

2. [illegible]

Die Stictaceen bilden eine aus so zahlreichen Arten bestehende und daher höchst natürliche Flechtengruppe, dass mir ihre Abzweigung als besondere Familie schon aus Zweckmässigkeitsrücksichten geboten erscheint. Meines Erachtens ist die Gattung Stictina durch Massalongia mit Pannaria verbunden, und ich halte die Verwandtschaft der beiden ersteren Gattungen für eine so enge, dass ich es vorziehe, Massalongia zu den



als ich annahm. Insbesondere erscheint es mir wichtig, dass Stizenberger die gewöhnlich sehr kleinen Cyphellen mit den ausgedehnten rindenlosen Flecken in morphologische Verbindung setzt, die sich bei manchen Arten, z. B. bei der einheimischen Sticta pulmonaria, finden. Ich vermag Stizenberger hierin nur beizupflichten und glaube, dass dadurch die Uebereinstimmung mit dem auf der Unterseite grösstentheils rindenlosen Thallus von Massalongia nur um so grösser wird.

Wie ich bei den Pannariaceen Psoroma als ein von Pannaria abzuleitendes Genus aufgefasst habe, so bin ich auch der Meinung, dass Sticta und Ricasolia von Stictina phylogenetisch abzuleiten sind. Wollte man den Ursprung der Stictaceen bei den Parmeliaceen suchen, wie das gewöhnlich geschieht, so könnte die Gattung Parmelia wohl kaum in Betracht kommen, man hätte dann am ehesten an Ramalina zu denken, schon wegen der zweizelligen Sporen; auch kommen z. B bei Ramalina Eckloni den Cyphellen ganz ähnliche Rindenlücken vor. Allein der Abstand von Ramalina und Sticta ist doch ein recht weiter, alle Uebergangsformen fehlen; das letztere ist auch zu bedenken, wenn man wegen der Aehnlichkeit der Sporen an einen direkten Zusammenhang von Sticta und Haematomma denken wollte. So komme ich immer wieder zu dem Ergebniss, dass mir die Verwandtschaft von Stictina mit Massalongia als die nächste erscheint.

e) *Peltigeraceen.*

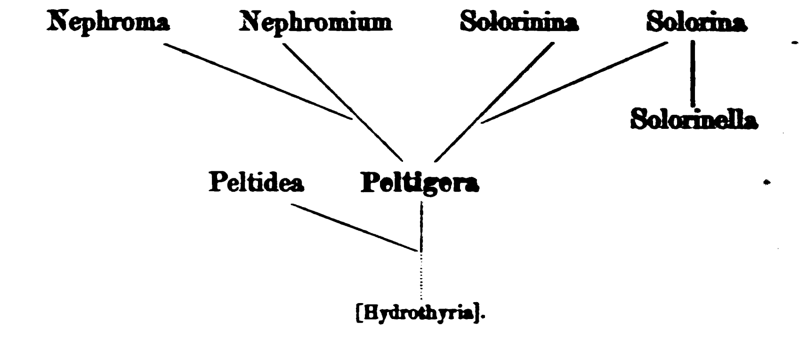
Die Peltigeraceen bilden ebenfalls eine scharf umschriebene, natürliche Familie. Es sind Laubflechten von meist beträchtlicher Ausdehnung des Thallus, darin stimmen sie mit den Stictaceen überein. Dagegen ist bei ihnen vorherrschend die Rindenlosigkeit der Thallusunterseite, auch zeigen sie eine Neigung zur Zygomorphie in der Ausbildung ihrer grossen, durch Randwachsthum sich erweiternden Apothecien. Während die Früchte von Peltidea venosa und von Solorina saccata radiär geformt sind, tritt z. B. in denjenigen von Peltidea aphthosa oder Peltigera canina die monosymmetrische Bildung deutlich hervor. Auch der junge Thallus von Peltigera canina ist zygomorph, um erst später zu einer mehr weniger radiären Rosette auszuwachsen,

während Peltidea venosa auch alt geworden die Zygomorphie des Thallus beibehält.

Wie bei den Stictaceen, so kommen bei der Mehrzahl der Peltigeraceen-Typen Parallelgattungen mit grünen und blaugrünen Gonidien vor. Vergleichend-morphologische Betrachtungen bestimmen mich auch hier, die blaugrüne Flechte als die ursprüngliche anzusehen. Damit fällt auch der Anlass fort, nach einer unmittelbaren Anknüpfung der Peltigeraceen an die Stictaceen zu suchen, die anatomische Uebereinstimmung zwischen Sticta und Nephroma scheint mir auf Analogie hinauszulaufen, wie denn auch andere Analogiebildungen gerade in dieser Familie häufig sind; nach dem Vorgange von Sturgis habe ich Peltigera an Hydrothyria angeschlossen. Wollte man die Peltigeraceen aber als eine den Stictaceen parallel entwickelte Gruppe von den Parmeliaceen ableiten, so würde auch wohl wegen der Sporenbildung zunächst an Ramalina oder an Haematomma zu denken sein, doch fehlt es völlig an vermittelnden Typen.

Eine geringe Bedeutung kommt bei den Peltigeraceen dem Umstande zu, ob Gonidien unter der Hymenialscheibe vorhanden sind oder nicht. Man vergleiche in dieser Hinsicht meine Fig. 175 und 176, deren erste das Apothecium von Peltidea venosa, deren zweite dasjenige von Peltigera canina im Durchschnitt zeigt.

Die Verwandtschaft der Peltigeraceen-Gattungen untereinander möchte ich in nachstehendem Schema anzudeuten versuchen:



f) *Collemaceen.*

Es bedarf erneuter Untersuchungen darüber, ob die Trennung der Collemaceen und Pannariaceen sich aufrecht erhalten lässt, auch wenn diejenigen Gattungen, welche ich aus den Collemaceen zu den Pannariaceen transferiren zu sollen glaubte, einstweilen ausser Acht bleiben. Vorläufig möchte ich glauben, dass die Gattungen Lecidocollema, Collema und Leptogium eine selbstständige, unmittelbar von Patellariaceen ausgehende phylogenetische Reihe bilden. Ob das provisorisch von mir hierher gestellte Genus Pyrenocollema dauernd bei dieser Familie verbleiben kann, oder später als Gallertflechtentypus den pyrenocarpen Flechten anzuschliessen sein wird, ist vor der Hand nicht zu entscheiden; es bedarf dazu ausgedehnter vergleichender Untersuchungen über das phylogenetische Verhältniss scheibenförmiger und urnenförmiger Apothecien im Allgemeinen.

Ich möchte noch auf einen Irrthum hinweisen, der mir in Abhandlung IV passirt ist. Dort habe ich das in meiner Fig. 182, *I* abgebildete Collema quadratum von Lahm zu Leptogium gezogen. Ich gelangte dazu durch Schnitte älterer Thalluskörner, an denen mir deutlich eine farblose, parenchymatische Rindenschicht vorhanden zu sein schien, während auch das Innere des Thallus in seinem pseudoparenchymatischen Gefüge mehr auf Leptogium als auf Collema hinwies. Nochmalige Untersuchung hat mich aber davon überzeugt, dass im jüngeren Thallus diese farblose Rindenschicht nicht vorhanden ist, dass sie nur an alten Pflanzen durch Absterben der Gonidien entsteht. Danach würde die Pflanze bei Collema zu verbleiben haben, wenn nicht die innere Structur den Anlass geben sollte, ein eigenes Genus auf dieselbe zu gründen. Ich empfehle die Flechte aus diesem Gesichtspunkte einem genaueren Studium. Hier folgt für uns aber daraus der Schluss, dass wir in Leptogium doch wohl eine phylogenetische Fortbildung des Collematypus, nicht aber eine selbstständige, Collema parallele Entwickelungsreihe zu erblicken haben. Den Zusammenhang stelle ich mir so vor, dass die einfacheren Leptogien sich aus einfachen Collemen bildeten, und dass dann den Anfängen der Gattungstypen vielfach verzweigte Entwickelungsreihen entsprossten. Nylander's Pyrenidium ist viel-

In vorstehendem Schema ist der Versuch gemacht, die Verwandtschaft der Omphalariaceengattungen untereinander zu veranschaulichen. Ich habe dabei alle von Forssell in seiner Monographie aufgeführten Genera berücksichtigt, allein die Zusammenstellung muss ich ausdrücklich darum als eine unsichere bezeichnen, weil ich keine Gelegenheit hatte, alle diese Gattungen durch eigene Untersuchung kennen zu lernen.

Dritte Unterklasse: PYRENOCARPI.

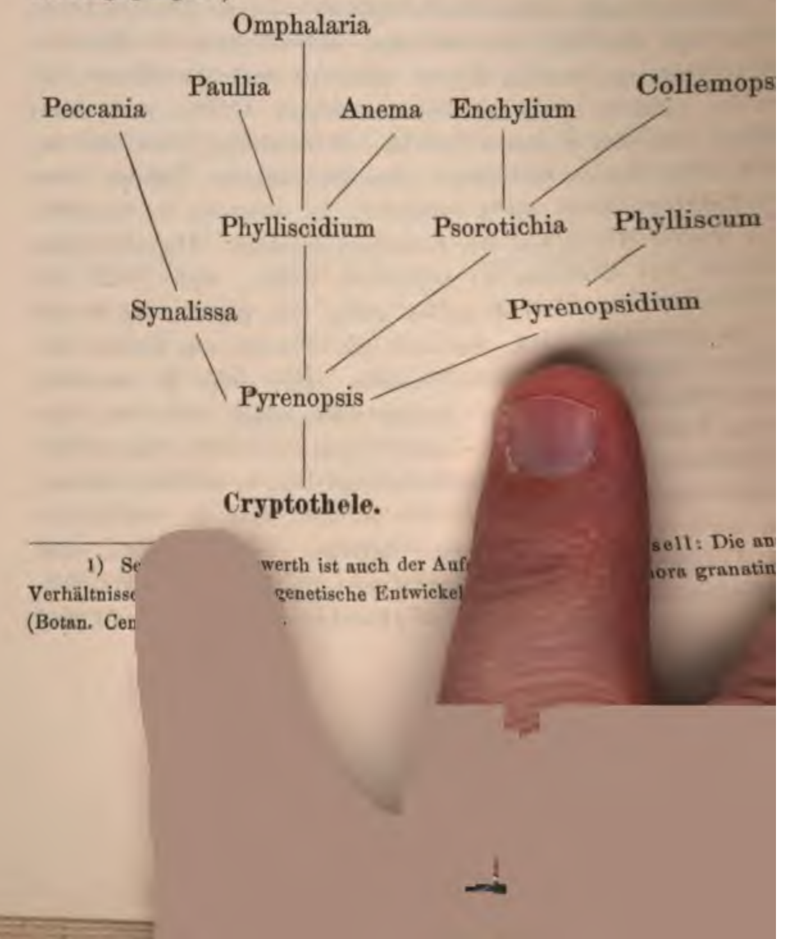
Wollte man alle Flechten mit urnenförmigen oder krugförmigen Apothecien zu den Pyrenocarpi stellen, so erhielte man sicher eine ganz künstliche Gruppirung. Kann es doch keinem Zweifel unterliegen, dass verschiedene dieser Formen ihre ganz nahen Verwandten unter den Discocarpi haben, ich erinnere nur an Pertusaria communis. Darum hat die Scheibenfrucht für die Discocarpi lediglich typische Bedeutung, während die Krugfrucht den Pyrenocarpi ausschliesslich eigen ist.

Auch die Eintheilung der Ascomyceten in Discomyceten und Pyrenomyceten, sofern man derselben lediglich die Fruchtgestalt zu Grunde legt, dürfte einem eindringenderen Studium gegenüber sich als eine in mancher Hinsicht künstliche erweisen, und in dieser Beziehung etwa sich verhalten, wie die Eintheilung der Dikotylen in Monochlamydeen, Choripetalen und Gamopetalen. Ich beschränke mich auf einen einzigen Hinweis. Bei der üblichen Eintheilung müssten die Genera Mycacolium und Mycocalicium zu den Discomyceten, Sphinctrina hingegen zu den Pyrenomyceten gestellt werden. Dennoch sind diese drei Genera auf das Engste mit einander verwandt, und der Stamm der Coniocarpi mit Einschluss der ihm zugehörigen gonidienlosen Typen ist gewiss einer der allernatürlichsten. Seine Zerschneidung in Mycocaliciaceen und Caliciaceen, je nachdem die Arten Pilze oder Flechten sind, documentirt an einem besonders empfindlichen Punkte, dass es ein künstlicher Schnitt ist, der Flechten und Pilze von einander trennt, genau so, wie — ich wiederhole ein bereits früher gebrauchtes Gleichniss — Pfahlwurzel und hypocotyles Stengelglied sich auch nur durch eine künstliche

leicht eine Fortbildung von Pyrenocollema, die sich zu letzt
Genus verhält, wie Leptogium zu Collema. Ich kenne die Fl
leider nicht.

g) *Omphalariaceen.*

Die Omphalariaceen werden mit den Collemaceen als Ga
flechten zusammengefasst. Sie unterscheiden sich von jenen dad
dass ihre Gonidien von den Gattungen Gloeocapsa und C
coccus geliefert werden, während die Collemaceen nur No
gonidien besitzen. Ein schärferes Unterscheidungsmerkmal ka
gewiss nicht geben; dennoch bleibt es fraglich, ob diese Tren
eine wirklich natürliche ist. Immerhin scheinen mir die Momen
überwiegen, die in den Omphalariaceen einen selbstständigen
wickelungskreis erblicken lassen, und ich habe mich in der vo
Abhandlung in diesem Sinne geäussert. Doch möchte ich
noch auf die grosse Uebereinstimmung im Habitus von Pec
coralloides und Thalloidima vesiculare hinweisen; die Fle
sind einander so ähnlich, dass man versucht sein könnt
glauben, die eine sei aus der anderen unter Gonidienwe
hervorgegangen[1]).



1) Se … werth ist auch der Auf… sell: Die an
Verhältniss… genetische Entwickel… ora granatin
(Botan. Cen…

In vorstehendem Schema ist der Versuch gemacht, die Verwandtschaft der Omphalariaceengattungen untereinander zu veranschaulichen. Ich habe dabei alle von Forssell in seiner Monographie aufgeführten Genera berücksichtigt, allein die Zusammenstellung muss ich ausdrücklich darum als eine unsichere bezeichnen, weil ich keine Gelegenheit hatte, alle diese Gattungen durch eigene Untersuchung kennen zu lernen.

Dritte Unterklasse: PYRENOCARPI.

Wollte man alle Flechten mit urnenförmigen oder krugförmigen Apothecien zu den Pyrenocarpi stellen, so erhielte man sicher eine ganz künstliche Gruppirung. Kann es doch keinem Zweifel unterliegen, dass verschiedene dieser Formen ihre ganz nahen Verwandten unter den Discocarpi haben, ich erinnere nur an Pertusaria communis. Darum hat die Scheibenfrucht für die Discocarpi lediglich typische Bedeutung, während die Krugfrucht den Pyrenocarpi ausschliesslich eigen ist.

Auch die Eintheilung der Ascomyceten in Discomyceten und Pyrenomyceten, sofern man derselben lediglich die Fruchtgestalt zu Grunde legt, dürfte einem eindringenderen Studium gegenüber sich als eine in mancher Hinsicht künstliche erweisen, und in dieser Beziehung etwa sich verhalten, wie die Eintheilung der Dikotylen in Monochlamydeen, Choripetalen und Gamopetalen. Ich beschränke mich auf einen einzigen Hinweis. Bei der üblichen Eintheilung müssten die Genera Mycacolium und Mycocalicium zu den Discomyceten, Sphinctrina hingegen zu den Pyrenomyceten gestellt werden. Dennoch sind diese drei Genera auf das Engste mit einander verwandt, und der Stamm der Coniocarpi mit Einschluss der ihm zugehörigen gonidienlosen Typen ist gewiss einer der allernatürlichsten. Seine Zerschneidung in Mycocaliciaceen und Caliciaceen, je nachdem die Arten Pilze [illegible] Flechten sind, documentirt an einem besonders empfind- [illegible], dass es ein künstlicher Schnitt ist, der Flechten [illegible] einander trennt, genau so, wie — ich wiederhole [illegible] her gebrauchtes Gleichniss — Pfahlwurzel und [illegible] gelglied sich auch nur durch eine künstliche

In vorstehendem Schema ist der Versuch gemacht, die Verwandtschaft der Omphalariaceengattungen untereinander zu veranschaulichen. Ich habe dabei alle von Forssell in seiner Monographie aufgeführten Genera berücksichtigt, allein die Zusammenstellung muss ich ausdrücklich darum als eine unsichere bezeichnen, weil ich keine Gelegenheit hatte, alle diese Gattungen durch eigene Untersuchung kennen zu lernen.

Dritte Unterklasse: PYRENOCARPI.

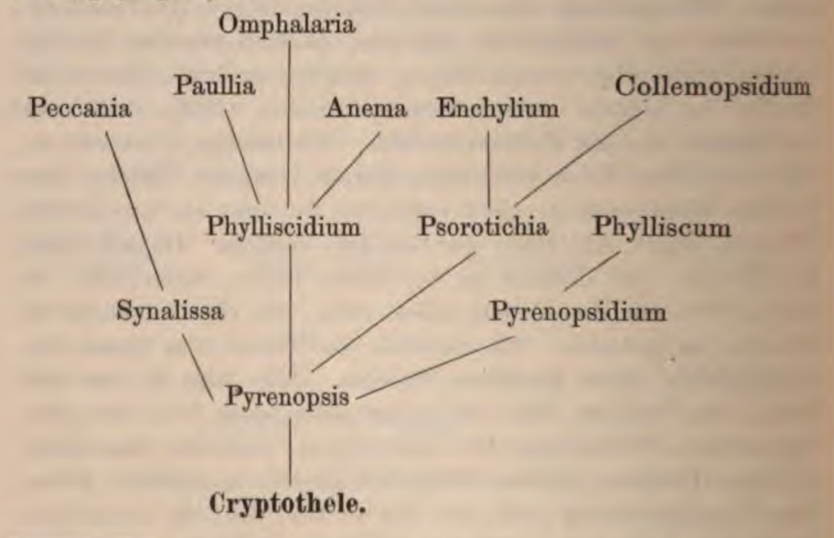
Wollte man alle Flechten mit urnenförmigen oder krugförmigen Apothecien zu den Pyrenocarpi stellen, so erhielte man sicher eine ganz künstliche Gruppirung. Kann es doch keinem Zweifel unterliegen, dass verschiedene dieser Formen ihre ganz nahen Verwandten unter den Discocarpi haben, ich erinnere nur an Pertusaria communis. Darum hat die Scheibenfrucht für die Discocarpi lediglich typische Bedeutung, während die Krugfrucht den Pyrenocarpi ausschliesslich eigen ist.

Auch die Eintheilung der Ascomyceten in Discomyceten und Pyrenomyceten, sofern man derselben lediglich die Fruchtgestalt zu Grunde legt, dürfte einem eindringenderen Studium gegenüber sich als eine in mancher Hinsicht künstliche erweisen, und in dieser Beziehung etwa sich verhalten, wie die Eintheilung der Dikotylen in Monochlamydeen, Choripetalen und Gamopetalen. Ich beschränke mich auf einen einzigen Hinweis. Bei der üblichen Eintheilung müssten die Genera Mycacolium und Mycocalicium zu den Discomyceten, Sphinctrina hingegen zu den Pyrenomyceten gestellt werden. Dennoch sind diese drei Genera auf das Engste mit einander verwandt, und der Stamm der Coniocarpi mit Einschluss der ihm zugehörigen gonidienlosen Typen ist gewiss einer der allernatürlichsten. Seine Zerschneidung in Mycocaliciaceen und Caliciaceen, je nachdem die Arten Pilze [illegible] Flechten sind, documentirt an einem besonders empfind[illegible] Punkte, dass e[illegible] stlicher Schnitt ist, der Flechten [illegible] Pilze von einan[illegible] genau so, wie — ich wiederhole [illegible] ereits früher [illegible] Gleichniss — Pfahlwurzel und [illegible] auch nur durch eine künstliche

leicht eine Fortbildung von Pyrenocollema, die sich zu letzterem Genus verhält, wie Leptogium zu Collema. Ich kenne die Flechte leider nicht.

g) *Omphalariaceen.*

Die Omphalariaceen werden mit den Collemaceen als Gallertflechten zusammengefasst. Sie unterscheiden sich von jenen dadurch, dass ihre Gonidien von den Gattungen Gloeocapsa und Chroococcus geliefert werden, während die Collemaceen nur Nostocgonidien besitzen. Ein schärferes Unterscheidungsmerkmal kann es gewiss nicht geben; dennoch bleibt es fraglich, ob diese Trennung eine wirklich natürliche ist. Immerhin scheinen mir die Momente zu überwiegen, die in den Omphalariaceen einen selbstständigen Entwickelungskreis erblicken lassen, und ich habe mich in der vorigen Abhandlung in diesem Sinne geäussert. Doch möchte ich hier noch auf die grosse Uebereinstimmung im Habitus von Peccania coralloides und Thalloidima vesiculare hinweisen; die Flechten sind einander so ähnlich, dass man versucht sein könnte, zu glauben, die eine sei aus der anderen unter Gonidienwechsel hervorgegangen[1]).



1) Sehr beachtenswerth ist auch der Aufsatz von Forssell: Die anatomischen Verhältnisse und die phylogenetische Entwickelung von Lecanora granatina Sommerf. (Botan. Centralblatt 1885).

In vorstehendem Schema ist der Versuch gemacht, die Verwandtschaft der Omphalariaceengattungen untereinander zu veranschaulichen. Ich habe dabei alle von Forssell in seiner Monographie aufgeführten Genera berücksichtigt, allein die Zusammenstellung muss ich ausdrücklich darum als eine unsichere bezeichnen, weil ich keine Gelegenheit hatte, alle diese Gattungen durch eigene Untersuchung kennen zu lernen.

Dritte Unterklasse: PYRENOCARPI.

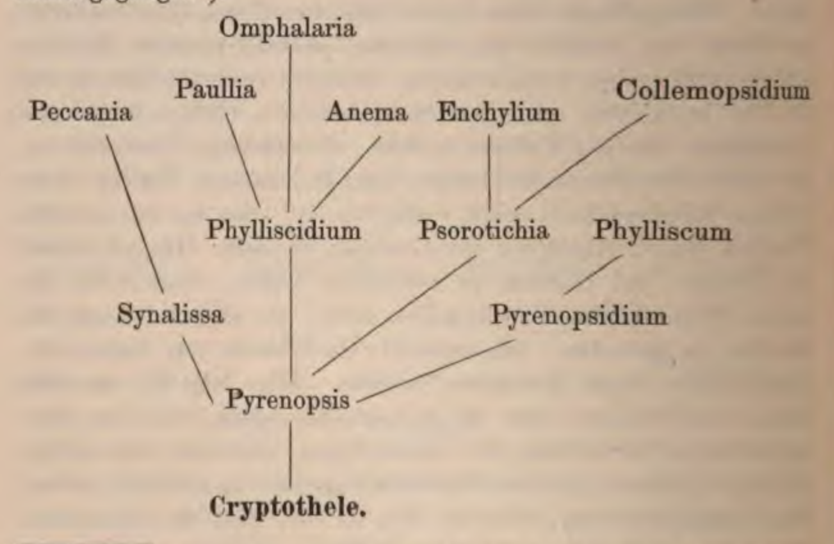
Wollte man alle Flechten mit urnenförmigen oder krugförmigen Apothecien zu den Pyrenocarpi stellen, so erhielte man sicher eine ganz künstliche Gruppirung. Kann es doch keinem Zweifel unterliegen, dass verschiedene dieser Formen ihre ganz nahen Verwandten unter den Discocarpi haben, ich erinnere nur an Pertusaria communis. Darum hat die Scheibenfrucht für die Discocarpi lediglich typische Bedeutung, während die Krugfrucht den Pyrenocarpi ausschliesslich eigen ist.

Auch die Eintheilung der Ascomyceten in Discomyceten und Pyrenomyceten, sofern man derselben lediglich die Fruchtgestalt zu Grunde legt, dürfte einem eindringenderen Studium gegenüber sich als eine in mancher Hinsicht künstliche erweisen, und in dieser Beziehung etwa sich verhalten, wie die Eintheilung der Dikotylen in Monochlamydeen, Choripetalen und Gamopetalen. Ich beschränke mich auf einen einzigen Hinweis. Bei der üblichen Eintheilung müssten die Genera Mycacolium und Mycocalicium zu den Discomyceten, Sphinctrina hingegen zu den Pyrenomyceten gestellt werden. Dennoch sind diese drei Genera auf das Engste mit einander verwandt, und der Stamm der Coniocarpi mit Einschluss der ihm zugehörigen gonidienlosen Typen ist gewiss einer der allernatürlichsten. Seine Zerschneidung in Mycocaliciaceen und Caliciaceen, je nachdem die Arten Pilze oder Flechten sind, documentirt an einem besonders empfindlichen Punkte, dass es ein künstlicher Schnitt ist, der Flechten und Pilze von einander trennt, genau so, wie — ich wiederhole ein bereits früher gebrauchtes Gleichniss — Pfahlwurzel und hypocotyles Stengelglied sich auch nur durch eine künstliche

leicht eine Fortbildung von Pyrenocollema, die sich zu letzterem Genus verhält, wie Leptogium zu Collema. Ich kenne die Flechte leider nicht.

g) *Omphalariaceen.*

Die Omphalariaceen werden mit den Collemaceen als Gallertflechten zusammengefasst. Sie unterscheiden sich von jenen dadurch, dass ihre Gonidien von den Gattungen Gloeocapsa und Chroococcus geliefert werden, während die Collemaceen nur Nostocgonidien besitzen. Ein schärferes Unterscheidungsmerkmal kann es gewiss nicht geben; dennoch bleibt es fraglich, ob diese Trennung eine wirklich natürliche ist. Immerhin scheinen mir die Momente zu überwiegen, die in den Omphalariaceen einen selbstständigen Entwickelungskreis erblicken lassen, und ich habe mich in der vorigen Abhandlung in diesem Sinne geäussert. Doch möchte ich hier noch auf die grosse Uebereinstimmung im Habitus von Peccania coralloides und Thalloidima vesiculare hinweisen; die Flechten sind einander so ähnlich, dass man versucht sein könnte, zu glauben, die eine sei aus der anderen unter Gonidienwechsel hervorgegangen[1]).



1) Sehr beachtenswerth ist auch der Aufsatz von Forssell: Die anatomischen Verhältnisse und die phylogenetische Entwickelung von Lecanora granatina Sommerf. (Botan. Centralblatt 1885).

In vorstehendem Schema ist der Versuch gemacht, die Verwandtschaft der Omphalariaceengattungen untereinander zu veranschaulichen. Ich habe dabei alle von Forssell in seiner Monographie aufgeführten Genera berücksichtigt, allein die Zusammenstellung muss ich ausdrücklich darum als eine unsichere bezeichnen, weil ich keine Gelegenheit hatte, alle diese Gattungen durch eigene Untersuchung kennen zu lernen.

Dritte Unterklasse: PYRENOCARPI.

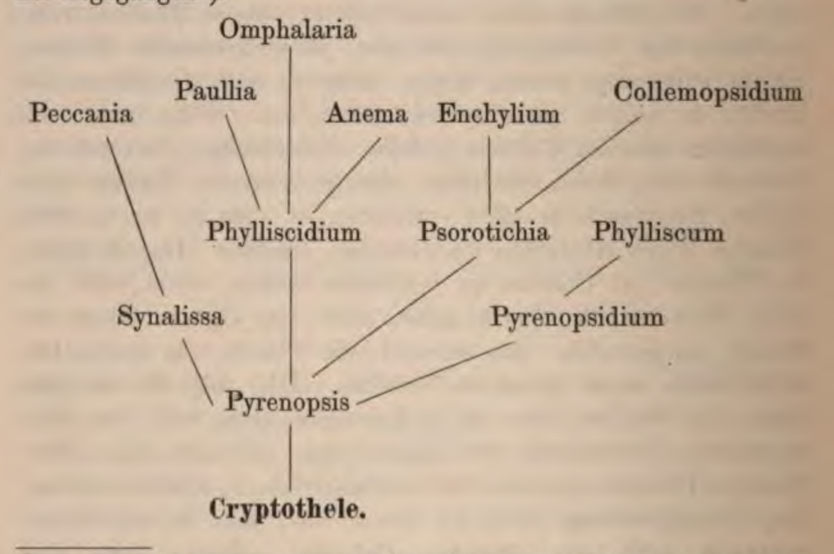
Wollte man alle Flechten mit urnenförmigen oder krugförmigen Apothecien zu den Pyrenocarpi stellen, so erhielte man sicher eine ganz künstliche Gruppirung. Kann es doch keinem Zweifel unterliegen, dass verschiedene dieser Formen ihre ganz nahen Verwandten unter den Discocarpi haben, ich erinnere nur an Pertusaria communis. Darum hat die Scheibenfrucht für die Discocarpi lediglich typische Bedeutung, während die Krugfrucht den Pyrenocarpi ausschliesslich eigen ist.

Auch die Eintheilung der Ascomyceten in Discomyceten und Pyrenomyceten, sofern man derselben lediglich die Fruchtgestalt zu Grunde legt, dürfte einem eindringenderen Studium gegenüber sich als eine in mancher Hinsicht künstliche erweisen, und in dieser Beziehung etwa sich verhalten, wie die Eintheilung der Dikotylen in Monochlamydeen, Choripetalen und Gamopetalen. Ich beschränke mich auf einen einzigen Hinweis. Bei der üblichen Eintheilung müssten die Genera Mycacolium und Mycocalicium zu den Discomyceten, Sphinctrina hingegen zu den Pyrenomyceten gestellt werden. Dennoch sind diese drei Genera auf das Engste mit einander verwandt, und der Stamm der Coniocarpi mit Einschluss der ihm zugehörigen gonidienlosen Typen ist gewiss einer der allernatürlichsten. Seine Zerschneidung in Mycocaliciaceen und Caliciaceen, je nachdem die Arten Pilze oder Flechten sind, documentirt an einem besonders empfindlichen Punkte, dass es ein künstlicher Schnitt ist, der Flechten und Pilze von einander trennt, genau so, wie — ich wiederhole ein bereits früher gebrauchtes Gleichniss — Pfahlwurzel und hypocotyles Stengelglied sich auch nur durch eine künstliche

leicht eine Fortbildung von Pyrenocollema, die sich zu letzterem Genus verhält, wie Leptogium zu Collema. Ich kenne die Flechte leider nicht.

g) *Omphalariaceen.*

Die Omphalariaceen werden mit den Collemaceen als Gallertflechten zusammengefasst. Sie unterscheiden sich von jenen dadurch, dass ihre Gonidien von den Gattungen Gloeocapsa und Chroococcus geliefert werden, während die Collemaceen nur Nostocgonidien besitzen. Ein schärferes Unterscheidungsmerkmal kann es gewiss nicht geben; dennoch bleibt es fraglich, ob diese Trennung eine wirklich natürliche ist. Immerhin scheinen mir die Momente zu überwiegen, die in den Omphalariaceen einen selbstständigen Entwickelungskreis erblicken lassen, und ich habe mich in der vorigen Abhandlung in diesem Sinne geäussert. Doch möchte ich hier noch auf die grosse Uebereinstimmung im Habitus von Peccania coralloides und Thalloidima vesiculare hinweisen; die Flechten sind einander so ähnlich, dass man versucht sein könnte, zu glauben, die eine sei aus der anderen unter Gonidienwechsel hervorgegangen[1]).



1) Sehr beachtenswerth ist auch der Aufsatz von Forssell: Die anatomischen Verhältnisse und die phylogenetische Entwickelung von Lecanora granatina Sommerf. (Botan. Centralblatt 1885).

In vorstehendem Schema ist der Versuch gemacht, die Verwandtschaft der Omphalariaceengattungen untereinander zu veranschaulichen. Ich habe dabei alle von Forssell in seiner Monographie aufgeführten Genera berücksichtigt, allein die Zusammenstellung muss ich ausdrücklich darum als eine unsichere bezeichnen, weil ich keine Gelegenheit hatte, alle diese Gattungen durch eigene Untersuchung kennen zu lernen.

Dritte Unterklasse: PYRENOCARPI.

Wollte man alle Flechten mit urnenförmigen oder krugförmigen Apothecien zu den Pyrenocarpi stellen, so erhielte man sicher eine ganz künstliche Gruppirung. Kann es doch keinem Zweifel unterliegen, dass verschiedene dieser Formen ihre ganz nahen Verwandten unter den Discocarpi haben, ich erinnere nur an Pertusaria communis. Darum hat die Scheibenfrucht für die Discocarpi lediglich typische Bedeutung, während die Krugfrucht den Pyrenocarpi ausschliesslich eigen ist.

Auch die Eintheilung der Ascomyceten in Discomyceten und Pyrenomyceten, sofern man derselben lediglich die Fruchtgestalt zu Grunde legt, dürfte einem eindringenderen Studium gegenüber sich als eine in mancher Hinsicht künstliche erweisen, und in dieser Beziehung etwa sich verhalten, wie die Eintheilung der Dikotylen in Monochlamydeen, Choripetalen und Gamopetalen. Ich beschränke mich auf einen einzigen Hinweis. Bei der üblichen Eintheilung müssten die Genera Mycacolium und Mycocalicium zu den Discomyceten, Sphinctrina hingegen zu den Pyrenomyceten gestellt werden. Dennoch sind diese drei Genera auf das Engste mit einander verwandt, und der Stamm der Coniocarpi mit Einschluss der ihm zugehörigen gonidienlosen Typen ist gewiss einer der allernatürlichsten. Seine Zerschneidung in Mycocaliciaceen und Caliciaceen, je nachdem die Arten Pilze oder Flechten sind, documentirt an einem besonders empfindlichen Punkte, dass es ein künstlicher Schnitt ist, der Flechten und Pilze von einander trennt, genau so, wie — ich wiederhole ein bereits früher gebrauchtes Gleichniss — Pfahlwurzel und hypocotyles Stengelglied sich auch nur durch eine künstliche

Trennungsebene von einander scheiden lassen; und doch ist der morphologische Gegensatz ein grosser, der nicht vertuscht werden kann und darf, und der in der Namengebung Wurzel und Stengel zum Ausdruck gelangt, wie in den Worten Pilz und Flechte.

Hieraus möchte ich folgern, dass wir keine Ursache haben, uns vor künstlichen Scheidewänden im Pflanzensystem zu scheuen, und dass man den Gegensatz von Discomyceten und Pyrenomyceten ebensowenig fallen zu lassen braucht, wie den zwischen Choripetalen und Gamopetalen. Nur muss man sich dessen bewusst sein, dass die Gestalt der Frucht kein Merkmal von absoluter Gültigkeit sein kann, und dass man wahrscheinlich noch mehr Beispiele der Zugehörigkeit von Pilzen mit Pyrenomycetenfrucht zu typischen Discomycetenfamilien finden wird, als man bisher schon kennt.

Die Zugehörigkeit der einzelnen Typen der pyrenocarpen Flechten zu Pyrenomycetentypen bleibt genauer zu erforschen; hier sind unsere Kenntnisse mindestens eben so unsicher, als in Bezug auf die Discocarpi, so dass das Problem eigentlich nur für die Coniocarpi gelöst erscheint, wenn auch die Verwandtschaft der Mycocaliciaceen unter den Pilzen noch ganz unsicher ist.

Ich möchte glauben, dass vor der Hand kein Grund vorliegt, bei den Pyrenocarpi mehrere Familien zu unterscheiden, und dass man mit der Familie der *Verrucariaceen* ausreicht. Diese Familie schliesst sich durch die Gattungen Verrucaria (im Sinne Nylander's) und Strigula an die Sphaeriaceen an, und unter sich steigernder Vervollkommnung des Thallus reihen sich an diese die übrigen, in Abhandlung IV besprochenen Gattungen. Bemerkenswerth erscheint noch, dass in dieser Familie die Vervollkommnung des Thallus ganz überwiegend in Richtung der Laubform sich bewegt, und nur ein einziger Fall von Strauchform bekannt ist.

Nachstehend gebe ich noch eine Uebersicht des Flechtensystems, wie es meines Erachtens den zur Zeit festgestellten morphologischen Thatsachen am besten entsprechen dürfte.

LICHENES.

Erste Unterklasse: *CONIOCARPI.*

Familie 1: Caliciacei.

Gattungen: Calicium, Coniocybe.

Familie 2: Acoliacei.

Gattungen: Acolium, Pyrgillus, Tylophoron, Tholurna, Acroscyphus, Pleurocybe, Sphaerophoron.

Zweite Unterklasse: *DISCOCARPI.*

Erste Reihe: **Grammophori.**

Familie 3: Graphidacei.

Gattungen: Melaspilea, Arthonia, Lecanactis, Placographa, Platygrapha, Pachnolepia, Opegrapha, Graphis, Glyphis, Chiodecton, Schizopelte, Dendrographa, Dirina, Roccella, Combea.

Familie 4: Xylographacei.

Gattung: Xylographa.

Zweite Reihe: **Lecideales.**

Familie 5: Gyalectacei.

Gattungen: Coenogonium, Gyalecta, Jonaspis.

Familie 6: Lecideacei.

Gattungen: Lecidea, Biatora, Bacidia, Thalloidima, Sphaerophoropsis. Ferner: Toninia, Bombylospora, Lopadium etc.

Familie 7: Umbilicariacei.

Gattungen: Psora, Umbilicaria.

Familie 8: Cladoniacei.

Gattungen: Icmadophila. Pilophoron. Stereocaulon. Argopsis. Pycnothelia. Baeomyces. Cladonia. Glossodium. Thysanothecium. Sphyridium. Gymnoderma. Gomphillus.

Dritte Reihe: Parmeliales.

Familie 9: Urceolariacei.

Gattungen: Conotrema. Ascidium. Gyrostomum. Thelotrema. Polystroma. Belonia. Urceolaria.

Familie 10: Pertusariacei.

Gattungen: Megalospora. Ochrolechia. Pertusaria. Varicellaria. Phlyctis.

Familie 11: Parmeliacei.

Gattungen: Lecanora. Parmelia. Cetraria. Dactylina. Evernia. Usnea. Cornicularia. Alectoria. Heterodea. Ramalina.

Familie 12: Physciacei.

Gattungen: Buellia. Rinodina. Pyxine. Physcia. Anaptychia.

Familie 13: Theloschistacei.

Gattungen: Callopisma. Candelaria. Placodium. Xanthoria. Theloschistes.

Familie 14: Acarosporacei.

Gattungen: Biatorella. Acarospora. Anzia. ?Thelocarpon.

Vierte Reihe: Cyanophili.

Familie 15: Lichinacei.

Gattungen: Calothricopsis. Lichina.

Familie 16: Ephebacei.

Gattungen: Thermutis. Pterygiopsis. Ephebe. Spilonema. Lichenosphaeria.

Familie 17: Pannariacei.

Gattungen: Parmeliella, Placynthium, Polychidium, Leptodendriscum, Leptogidium, Pannaria, Heppia, Heterina, Coccocarpia, Hydrothyria, Erioderma, Psoroma, Lepidocollema, Leprocollema.

Familie 18: Stictacei.

Gattungen: Massalongia, Stictina, Sticta, Ricasolia.

Familie 19: Peltigeracei.

Gattungen: Peltigera, Peltidea, Nephromium, Nephroma, Solorinina, Solorina, Solorinella.

Familie 20: Collemacei.

Gattungen: Lecidocollema, Pyrenocollema, Collema, Leptogium.

Familie 21: Omphalariacei.

Gattungen: Cryptothele, Pyrenopsis, Synalissa, Peccania, Phylliscidium, Paullia, Omphalaria, Anema, Psorotichia, Enchylium, Collemopsidium, Pyrenopsidium, Phylliscum.

Dritte Unterklasse: *PYRENOCARPI.*

Familie 22: Verrucariacei.

Gattungen: Verrucaria, Strigula, Endopyrenium, Endocarpon, Pyrenothamnia.

Anhang: **Lichenes imperfecti.**

Gattungen: Thamnolia[1]), Siphula etc.

---

1) An Exemplaren des Kieler Herbars finden sich verschiedene krugförmige, eingesenkte Apothecien. Die einen entsprechen den von Minks abgebildeten, die anderen weichen davon ab. Möglicher Weise sind beiderlei Gebilde Früchte parasitischer Pilze, und halte ich die Thamnolia-Frage noch nicht für gelöst.

Familie 8: Cladoniacei.

Gattungen: Icmadophila, Pilophoron, Stereocaulon, Argopsis, Pycnothelia, Baeomyces, Cladonia, Glossodium, Thysanothecium, Sphyridium, Gymnoderma, Gomphillus.

Dritte Reihe: **Parmeliales.**

Familie 9: Urceolariacei.

Gattungen: Conotrema, Ascidium, Gyrostomum, Thelotrema, Polystroma, Belonia, Urceolaria.

Familie 10: Pertusariacei.

Gattungen: Megalospora, Ochrolechia, Pertusaria, Varicellaria, Phlyctis.

Familie 11: Parmeliacei.

Gattungen: Lecanora, Parmelia, Cetraria, Dactylina, Evernia, Usnea, Cornicularia, Alectoria, Heterodea, Ramalina.

Familie 12: Physciacei.

Gattungen: Buellia, Rinodina, Pyxine, Physcia, Anaptychia.

Familie 13: Theloschistacei.

Gattungen: Callopisma, Candelaria, Placodium, Xanthoria, Theloschistes.

Familie 14: Acarosporacei.

Gattungen: Biatoridium, Acarospora, Anzia, ?Thelocarpon.

Vierte Reihe: **Cyanophili.**

Familie 15: Lichinacei.

Gattungen: Calothricopsis, Lichina.

Familie 16: Ephebacei.

Gattungen: Thermutis, Pterygiopsis, Ephebe, Spilonema, Lichenosphaeria.

Beiträge zur Kenntniss der verholzten Zellmembran.

Von

H. Schellenberg.

Die nachstehenden Untersuchungen wurden um eines doppelten Zweckes willen unternommen. Einmal fragte es sich, ob und inwieweit die mechanischen Eigenschaften einer Membran durch die Verholzung modificirt werden, und ob vielleicht der Zweck der Verholzung ein mechanischer ist. Andererseits suchte ich die Verbreitung der Verholzung kennen zu lernen, um etwa die physiologische Bedeutung mehr aufhellen zu können. Im Laufe der Untersuchung zeigte sich jedoch bald, dass die physiologische Bedeutung weder in einem mechanischen Zwecke liegen kann, noch einfach aus der Verbreitung zu erschliessen ist. Es wurden auch die bereits ausgesprochenen Ansichten geprüft; sie erwiesen sich aber nicht als stichhaltig. Erst durch die Prüfung der Wachsthumsfähigkeit verholzter Membranen kam ich auf den Gedanken, den physiologischen Zweck darin zu erblicken, dass die verholzte Membran nicht mehr wachsthumsfähig sein möchte. Den Beweis für die Richtigkeit dieses Gedankens glaube ich durch meine Untersuchungen erbracht zu haben. Die Arbeit gliedert sich demgemäss in folgende Abschnitte.

1. Die mechanischen Eigenschaften der verholzten Membran.
2. Die Verbreitung der Verholzung.
3. Die Beziehungen der Verholzung zum Wachsthum.
4. Die physiologische Bedeutung der Verholzung.

(Die Basidiolichenen sind bei dieser Zusammenstellung ausser Betracht geblieben.)

Ich schliesse meine Abhandlungen über Flechten mit dem aufrichtigen Wunsche, dass das System recht bald Verbesserungen und Umgestaltungen in der Richtung auf das von mir angestrebte Ziel eines wahrhaft natürlichen Zusammenhangs erfahren möge.

In vorstehendem Schema ist der Versuch gemacht, die Verwandtschaft der Omphalariaceengattungen untereinander zu veranschaulichen. Ich habe dabei alle von Forssell in seiner Monographie aufgeführten Genera berücksichtigt, allein die Zusammenstellung muss ich ausdrücklich darum als eine unsichere bezeichnen, weil ich keine Gelegenheit hatte, alle diese Gattungen durch eigene Untersuchung kennen zu lernen.

Dritte Unterklasse: PYRENOCARPI.

Wollte man alle Flechten mit urnenförmigen oder krugförmigen Apothecien zu den Pyrenocarpi stellen, so erhielte man sicher eine ganz künstliche Gruppirung. Kann es doch keinem Zweifel unterliegen, dass verschiedene dieser Formen ihre ganz nahen Verwandten unter den Discocarpi haben, ich erinnere nur an Pertusaria communis. Darum hat die Scheibenfrucht für die Discocarpi lediglich typische Bedeutung, während die Krugfrucht den Pyrenocarpi ausschliesslich eigen ist.

Auch die Eintheilung der Ascomyceten in Discomyceten und Pyrenomyceten, sofern man derselben lediglich die Fruchtgestalt zu Grunde legt, dürfte einem eindringenderen Studium gegenüber sich als eine in mancher Hinsicht künstliche erweisen, und in dieser Beziehung etwa sich verhalten, wie die Eintheilung der Dikotylen in Monochlamydeen, Choripetalen und Gamopetalen. Ich beschränke mich auf einen einzigen Hinweis. Bei der üblichen Eintheilung müssten die Genera Mycacolium und Mycocalicium zu den Discomyceten, Sphinctrina hingegen zu den Pyrenomyceten gestellt werden. Dennoch sind diese drei Genera auf das Engste mit einander verwandt, und der Stamm der Coniocarpi mit Einschluss der ihm zugehörigen gonidienlosen Typen ist gewiss einer der allernatürlichsten. Seine Zerschneidung in Mycocaliciaceen und Caliciaceen, je nachdem die Arten Pilze oder Flechten sind, documentirt an einem besonders empfindlichen Punkte, dass es ein künstlicher Schnitt ist, der Flechten und Pilze von einander trennt, genau so, wie — ich wiederhole ein bereits früher gebrauchtes Gleichniss — Pfahlwurzel und hypocotyles Stengelglied sich auch nur durch eine künstliche

I. Die mechanischen Eigenschaften der verholzten Membran.

Die Frage, ob durch die Verholzung einer Membran auch die mechanischen Eigenschaften derselben verändert werden, ist in jüngster Zeit von Sonntag[1]) an Hand der Bastfasern eingehend untersucht worden. Es sind jedoch schon früher darüber Ansichten ausgesprochen worden, ohne sie aber mit Thatsachen zu begründen, und viele Autoren lassen gelegentlich die Meinung durchblicken, dass mit der Verholzung auch eine Veränderung der mechanischen Eigenschaften der Membran vorgegangen sei. Am klarsten hat sich Sachs[2]) über diesen Gegenstand ausgesprochen. Er sagt: „Die Verholzung bewirkt Steigerung der Härte der Zellhaut, Verminderung ihrer Dehnbarkeit, leichte Durchdringlichkeit für Wasser ohne bedeutende Aufquellung.“ Sonntag hat die Ansichten von Sachs bei den Bastfasern so weit als möglich geprüft. Unter den verschiedenen Resultaten dieser verdienstvollen Arbeit findet sich auch dieses: „Stark verholzte Membranen zeigen eine sehr grosse Ductilität; sie sind im Stande, auch über die Elasticitätsgrenze hinaus auf sie wirkenden Kräften nachzugeben.“ Obwohl ich an der Richtigkeit der Sonntag'schen Zahlen nie gezweifelt habe, schien mir doch eine Verallgemeinerung dieses Satzes schon deshalb nicht statthaft, weil wir wissen, dass unsere Hölzer im Allgemeinen sehr wenig dehnbar sind, obschon sie meistens stark verholzt erscheinen[3]). Von dieser Thatsache ausgehend, habe ich die mechanischen Eigenschaften unserer Holzarten einer nochmaligen Prüfung unterzogen, und dabei besonders die Frage geprüft, ob durch die Verholzung bestimmte mechanische Eigenschaften einer Zellmembran bedingt sind, aus welchen die Pflanze irgend einen Vortheil ziehen könnte.

Die mechanischen Eigenschaften unserer Hölzer sind zwar vom ingenieurwissenschaftlichen Standpunkt aus schon oft unter-

1) Sonntag, Die Beziehungen zwischen Verholzung, Festigkeit und Elasticität vegetabilischer Zellwände. Landw. Jahrb., herausgegeben von H. Thiel. 1892.

2) Sachs' Lehrbuch der Botanik, 4. Aufl., p. 21.

3) Dieser Gedanke ist bereits von Schwendener ausgesprochen worden. Ber. d. deutsch. botan. Gesellsch., 1894, p. 242.

sucht und durch Zahlen quantitativ ausgedrückt worden. Diese Zahlen können jedoch für unsere Zwecke nicht in Betracht kommen, weil in keinem Falle die Werthe auf den wirklichen Querschnitt des Holzes nach Abzug der Zelllumina berechnet sind. Die Berechnungen von Detlefsen[1]) nach den Zahlen von Chevandier und Wertheim[2]) können ebenfalls nicht zum Vergleiche herbeigezogen werden, weil der reelle Querschnitt nicht an dem Holzstück festgestellt, sondern durch eine Verhältnisszahl nachher berechnet ist. Es wird überhaupt schwer sein, genaue Zahlen zu bekommen, weil die Querschnittsbestimmung mit Schwierigkeiten verknüpft ist. Auch meine Zahlen sollen keineswegs den Anspruch auf absolute Richtigkeit haben; jedoch habe ich mich bemüht, möglichst genaue Werthe zu bekommen. Diese Arbeit war um so wünschenswerther, als wir noch keine Angaben über die Festigkeit unserer Hölzer haben, die sich nur auf die Wandsubstanz beziehen.

Um den Grad der Verholzung festzustellen, benutzte ich die Phloroglucin-Salzsäurereaction. Ich verglich die Farbenintensitäten der Membranen an möglichst dünnen mikroskopischen Querschnitten und stellte so die Farbenabstufungen und damit den Verholzungsgrad fest. Dabei wurde allerdings kein zahlenmässiger Vergleich für die stärkere oder schwächere Verholzung festgestellt; jedoch glaube ich dabei meinen Zweck doch erreicht zu haben. Durch die chemische Analyse ist es zur Zeit nicht möglich, den Gehalt des Holzes an incrustirenden Substanzen genau festzustellen, besonders da wir noch nicht wissen, aus welchen chemischen Verbindungen das hypothetische Lignin besteht. Unter diesen Umständen ist zum Vergleich nur nothwendig, dass man Ligninbestimmungen unserer Hölzer nach der gleichen analytischen Methode ausführt. Solche sind bereits von Stackmann[3]) und N. Schuppe[4]) nach der Methode von F. Schulze[5]) gemacht worden. Nach N. Schuppe sind für

1) Detlefsen, Arbeiten a. d. botan. Institute zu Würzburg, Bd. III.

2) Chevandier und Wertheim, Poggendorf's Annalen, Ergb. II.

3) Stackmann, Studien über d. Zusammensetzung d. Holzes. Inaug.-Diss. Dorpat 1878.

4) N. Schuppe, Beiträge z. Chemie d. Holzgewebes. Inaug.-Diss. Dorpat 1882.

5) F. Schulze, Chemisches Centralblatt, 1857.

den Gehalt unserer Hölzer an Lignin und ihm gleichwerthigen Substanzen folgende Zahlen anzusetzen:

Eichenholz	15,06 %	Deutsches Nussholz .	16,[illegible] %
Mahagoni	20,40 „	Amerik. „ .	17,[illegible] „
Erle	16,86 „	Pappelholz	19,[illegible] „

Den Ligningehalt des Tannenholzes hat **Stackmann** zu 17,[illegible], den des Föhrenholzes zu 16,83 % ermittelt. „Es scheint hiernach," sagt **Schuppe**[1]), dass die meisten Lignosen im Ligningehalt ihrer Hölzer nicht bedeutend differiren. Vielleicht wird man nicht allzu sehr irren, wenn man den Ligningehalt der Hölzer zu durchschnittlich 17,62 %, den Zellstoffgehalt zu durchschnittlich 40,7 % der Holzmasse annimmt." Ich glaube darum, dass der Untersuchung keine Nachtheile anhaften, wenn ich auch nur durch das Vergleichen von Farbenintensitäten die Reihenfolge im Grade der Verholzung festgestellt habe, da doch das Holz stark verholzt ist, und die Unterschiede zwischen den einzelnen Bäumen geringe sind.

Festigkeit.

Zu meinen Versuchen wurden von etwa fingerdicken Aesten dünne Lamellen herauspräparirt. Alle Aeste stammten von Bäumen, die sich unter günstigen Wachsthumsbedingungen befanden. Ich suchte mit dem Taschenmesser möglichst gleichmässig dicke, nicht beschädigte Lamellen zu bekommen. Um sicher zu sein, dass keine Zellen in der Mitte zerschnitten waren, benützte ich zu den Versuchen nur solche Fasern, welche durch Abspalten gewonnen waren. Auch wurden nur solche Faserbündel genommen, welche sowohl Herbst- als Frühjahrsholz enthielten.

Die Methode, welche ich benutzte, um die Zerreissungsfestigkeit festzustellen, ist dieselbe, wie sie von **Schwendener**[2]) zuerst angewandt wurde. Die Fasern wurden zwischen Papier mittelst zweier Klemmschrauben festgeklemmt. An der unteren Klemmschraube brachte ich eine Waagschale an und legte so lange Gewichte auf, bis die Faser zerriss. Um den Querschnitt

---

1) N. **Schuppe**, l. c., p. 36.

2) **Schwendener**, Mechanisches Princip.

an der Zerreissungsstelle zu bestimmen, machte ich in möglichster Nähe von dieser einen dünnen Querschnitt. Dieser wurde mittelst der Camera bei hundertfacher Vergrösserung auf Millimeterpapier gezeichnet. Um das Verhältniss von Zellwand zu Zelllumen festzustellen, zeichnete ich von demselben Querschnitte bei starker, fünfhundertfacher Vergrösserung, jeweils einzelne Partien vom Frühjahr-, Sommer- und Herbstholz auf gleichmässiges Cartonpapier. Durch Ausschneiden und Wägen von Wand und Lumen wurde für jede abgezeichnete Partie das gegenseitige Verhältniss festgestellt. Aus diesen Zahlen berechnete ich für das im Querschnitt vorkommende Areal von Frühjahr-, Sommer- und Herbstholz die Grösse der wirklichen Querschnittsfläche der Faser. Zur Illustration möge folgendes Beispiel genügen:

Picea excelsa. Gewicht beim Zerreissen 1860 g. Querschnitt bei hundertfacher linearer Vergrösserung auf Millimeterpapier gezeichnet mit Lumen 26,5 cm^2.

Davon waren:	Frühjahrsholz	9 cm^2
	Sommerholz	11,5 „
	Herbstholz	6 „

Nachdem bei fünfhundertfacher Vergrösserung einzelne Partien vom Frühjahrs-, Sommer- und Herbstholz auf Cartonpapier gezeichnet worden waren, wurde durch Ausschneiden und Wägen das Verhältniss von Wand zu Lumen festgestellt:

Herbstholz	0,065 g	Wand	76,5 %
	0,020 „	Lumen	23,5 „
Sommerholz . . .	0,085 „	Wand	51,6 „
	0,080 „	Lumen	48,4 „
Frühjahrsholz . . .	0,025 „	Wand	20,8 „
	0,095 „	Lumen	79,2 „

Ausgerechnet auf die einzelnen Partien ergiebt sich Folgendes:

Herbstholz	6 cm^2	76,5 % =	4,590 cm^2 Wand
Sommerholz	11,5 „	51,6 „ =	5,934 „ „
Frühjahrsholz	9 „	20,8 „ =	1,800 „ „
	26,5 cm^2		12,324 cm^2 Wand

oder 0,265 mm^2 haben 0,12324 mm^2 Wand.

Es haben also 0,12224 mm² Wand 1860 g getragen

$$1 \text{ mm}^2 \text{ hat } \frac{1860}{0{,}12224} = 15{,}174 \text{ kg getragen.}$$

Bei der Untersuchung hatte das Holz immer seinen natürlichen Wassergehalt. Während der Belastung wurde die Faser immer von Zeit zu Zeit mit Wasser befeuchtet, so dass die Zahlen den Verhältnissen des lebenden Baumes so gut als möglich entsprechen. Bei den Coniferen wurden die Markstrahlen nicht in die Rechnung hineingezogen, da sie wohl wenig oder keinen Einfluss auf das Tragvermögen haben. Ebenso wurden bei den Dikotylen Gefässe, Holzparenchym und Markstrahlen nicht mitgerechnet.

Tragvermögen pro mm² in kg:

		Tragvermögen	
1.	*Abies pectinata*	30,655 28,573 28,940	Mittel 29,392
2.	*Pinus sylvestris*	11,030 10,006 9,835	Mittel 10,290
3.	*Picea excelsa*	15,178 14,696 15,958	Mittel 15,275
4.	*Larix europaea*	15,000 14,672 16,030	Mittel 15,234
5.	*Acer platanoides*	15,590 13,840 12,390	Mittel 13,606
6.	*Tilia parvifolia*	10,405 11,377 10,390	Mittel 10,274
7.	*Populus canadensis*	21,248 24,264 19,166	Mittel 21,559
8.	*Carpinus betulus*	30,413 29,495 33,232	Mittel 31,046

	Tragvermögen pro mm² in kg:	
9. *Fagus sylvatica*	28,234	
	27,541	Mittel 28,233
	29,034	
10. *Fraxinus excelsior*	29,462	
	28,874	Mittel 29,906
	31,382	
11. *Quercus pedunculata*	33,884	
	32,526	Mittel 33,602
	34,397	

Um vergleichbare Resultate mit den Sonntag'schen Zahlen zu bekommen, machte ich eine Reihe von Festigkeitsversuchen mit demselben Holz, nachdem es ausgetrocknet war. Den Querschnitt bestimmte ich, indem die Schnitte in absoluten Alkohol gelegt wurden. Die Zahlen, die ich bekam, sind folgende:

	Tragvermögen pro mm² Querschnitt
Abies pectinata	32,315 kg
Pinus sylvestris	13,755 „
Picea excelsa	18,424 „
Larix europaea	18,945 „
Populus canadensis	25,268 „
Carpinus betulus	35,207 „
Fagus sylvatica	32,332 „
Quercus pedunculata	35,641 „

Da unsere Hölzer alle annähernd gleich stark verholzte Membranen haben, so zeigen diese Zahlen, dass die Festigkeit einer Membran unabhängig von ihrer Verholzung ist. Man darf also den Schluss Sonntag's, dass mit der Verholzung einer Membran auch ihre Festigkeit abnehme, nicht verallgemeinern; denn wir sehen ja, dass trotz der annähernd gleich starken Verholzung der angeführten Hölzer ihre Festigkeiten so grosse Schwankungen zeigen, dass diese unmöglich auf eine verschiedene Verholzung zurückgeführt werden können. Richtig ist ja, dass bei den von Sonntag untersuchten Textilfasern die unverholzten die grösste Festigkeit zeigen, und die verholzten weniger fest sind. Aus meinen Zahlen geht jedoch deutlich hervor, dass die Grösse der Festigkeit unabhängig ist von dem

Grad der Verholzung. Es ist dadurch sichergestellt, dass die Abstufungen der Festigkeit der Membran unabhängig von ihrer chemischen Zusammensetzung sind. Wahrscheinlich kommt die verschiedene Festigkeit durch verschiedene Anordnung der kleinsten Theilchen im Raum zu Stande.

Dehnbarkeit.

Um die Dehnbarkeit zu bestimmen, wurde die Holzfaser mittels zweier Schrauben festgeklemmt, von denen die eine in einem Schlitten bewegt werden konnte. Die Verschiebungsgrösse wurde mittels eines Nonius bestimmt. Damit konnte ich die Dehnung der Faser bis zum Zerreissen feststellen. Dieser Apparat genügte für die Holzfasern, denn die Dehnbarkeit innerhalb der Elasticitätsgrenze und die Dehnbarkeit bis zum Zerreissen fallen hier zusammen. Auch bei anderen Versuchen, durch einfaches Belasten, konnte ich eine Dehnbarkeit über die Elasticitätsgrenze hinaus nicht constatiren. Deshalb fallen auch hier Festigkeitsmodul und Tragmodul zusammen. Die Dehnbarkeit beträgt auf 100 Längeneinheiten der Faser berechnet:

1. *Abies pectinata* . . . 1,04	7. *Populus canadensis* . 1,08
2. *Pinus sylvestris* . . . 1,16	8. *Carpinus betulus* . . 1,23
3. *Picea excelsa* . . . 1,32	9. *Fagus sylvatica* . . . 0,96
4. *Larix europaea* . . 1,26	10. *Fraxinus excelsior* . . 1,42
5. *Acer platanoides* . . 1,03	11. *Quercus pedunculata* . 1,21
6. *Tilia parvifolia* . . 1,07	

Aus diesen Zahlen kann man keine Beziehungen zur Verholzung herausfinden. Auch ist die Thatsache auffallend, dass alle untersuchten Hölzer keine bedeutende Dehnbarkeit zeigen, obwohl sie meistens stark verholzt sind. Diese Zahlen zeigen also, dass die Verholzung auf die Dehnbarkeit unserer Hölzer keinen Einfluss hat. Auch bei den Sonntag'schen Zahlen[1]) ist die Dehnbarkeit innerhalb der Elasticitätsgrenze keineswegs von dem Maass der Verholzung abhängig. Diese genannte Grösse ist bei den von ihm untersuchten Bastfasern ziemlich constant

1) Sonntag, l. c., p. 867.

und beträgt 0,8—1,364 %. Die Dehnbarkeit überhaupt geht nur bei drei Fasern, *Agave americana, Cocos nucifera, Caryota urens* über die Elasticitätsgrenze hinaus. Sie sind deshalb mehr als Ausnahmefälle zu betrachten, und beweisen nicht, dass die Dehnbarkeit in irgend einer Beziehung zur Verholzung steht; vielmehr glaube ich mit Schwendener[1]), dass die verschiedene Dehnbarkeit mit verschiedenartiger Anordnung der kleinsten Theilchen im Raum zusammenhängt.

Die Tracheïden der Coniferen und die Libriformfasern stimmen im Wesentlichen mit den Bastfasern in ihren mechanischen Eigenschaften überein. Sie zeigen eine auffallend grosse Festigkeit gegen Zug. Ihre Dehnbarkeit innerhalb der Elasticitätsgrenze verglichen mit Eisen ist relativ gross. Es ist dies der Grund, warum unsere Bäume sich als leicht biegsame Organe darstellen, im Gegensatz zu den starren Eisenconstructionen, wo die Dehnbarkeit nur ca. 1 ‰ beträgt. Vom Collenchym unterscheiden sie sich dadurch, dass eine Dehnung keine bleibende Verlängerung erzeugt, während dies dort immer eintritt. Tragmodul und Festigkeitsmodul fallen zusammen und mit Recht sagt darum Schwendener[2]), „dass die Natur bei den Bastfasern", und wir können hinzufügen, auch bei den Tracheïden der Coniferen und den Libriformfasern, „ihre ganze Sorgfalt auf das Tragvermögen verwendet hat".

Quellbarkeit.

Nachdem Nägeli[3]) zur Erklärung der Quellungs- und Polarisationserscheinungen bei Stärkekörnern und Membranen die Micellartheorie aufgestellt hatte, wurde erst viel später durch Schwendener[4]) und Zimmermann[5]) der Nachweis geliefert, dass die Achsen der Quellungs- und Polarisationsellipsen gleiche Lage haben, in ihren Grössen aber reciproc sich verhalten.

1) Schwendener, Ber. d. deutsch. botan. Gesellsch., 1894, p. 244.

2) Schwendener, Mech. Princip, p. 15.

3) Nägeli, Die Stärkekörner. Zürich 1858.

4) Schwendener, Ueber Quellung und Doppelbrechung veget. Membranen. Sitzungsber. der Berliner Akademie, 1887.

5) Zimmermann, Pringsheim's Jahrbücher, Bd. XII.

Wenn man deshalb Quellungserscheinungen quantitativ vergleichen will, so darf man nur Fasern mit gleich gerichteten Micellarreihen untereinander vergleichen, oder jeweils die entsprechenden Axen des Quellungsellipsoides.

In der Sonntag'schen Arbeit ist darauf aufmerksam gemacht, dass mit der Verholzung die Quellbarkeit herabgesetzt wird. Auch Sachs[1]) spricht sich ähnlich darüber aus, indem er sagt, dass das Eigenthümliche verholzter Membranen darin besteht, dass sie „verhältnissmässig nur wenig Wasser in sich aufnehmen, dementsprechend bei der Durchfeuchtung nur wenig an Volumen gewinnen, beim Austrocknen also auch nur wenig an Volumen verlieren, — Eigenschaften, auf denen ganz vorwiegend der unendlich mannigfaltige Gebrauch des Holzes in der Technik beruht". Es fragt sich nun, ob die geringe Quellbarkeit wirklich ein Merkmal aller verholzten Membranen ist, oder ob es auch verholzte Membranen mit bedeutender Quellungsfähigkeit giebt. Da wir in den Oeffnungsmechanismen von Samen und Früchten, ferner in den Inflorescenzachsen von Umbelliferen verholzte Fasern haben, welche durch Quellen und Austrocknen die Bewegung der genannten Objecte bedingen (dynamische Zellen), so dürfte man hier bedeutende Quellungsfähigkeit verholzter Fasern erwarten. In der That zeigen die dynamischen Fasern der Umbelliferen-Inflorescenzachsen eine grosse Quellungsfähigkeit. Nach den Untersuchungen von O. Klein[2]) beträgt dieselbe:

	Länge trocken	Länge feucht	Verlängerung
Daucus carota	4,1 %	4,3 %	4 %
„ *balsamea*	1,8 „	1,9 „	5,1 „
„ *polygamus*	3,1 „	3,2 „	3,2 „
Caucalis hispida	2,7 „	2,58 „	5,6 „
Tordylium maximum	1,45 „	1,6 „	10,3 „
„ *apulum*	2,5 „	2,7 „	8 „

Die Poren dieser Fasern stehen quer; die grösste Quellung war also in der Längsrichtung und die Fasern färbten sich durch

1) Sachs, Pflanzenphysiologie. Leipzig 1882.

2) O. Klein, Ueber die Krümmungsfähigkeit der Inflorescenzachsen einiger Umbelliferen. Jahrb. d. botan. Gartens, 1886, Bd. 4, p. 352.

Phloroglucin-Salzsäure dunkelroth. Diese Zahlen zeigen uns, dass die Quellbarkeit selbst bei stark verholzten Membranen eine ganz beträchtliche sein kann. Man kann daher die Verholzung der Membranen nicht mit der Quellungsfähigkeit in Zusammenhang bringen und die geringe Quellbarkeit vieler verholzter Membranen rührt nicht davon her, dass sie stark verholzt sind.

Anschliessend an die Quellbarkeit möchte ich die Permeabilität verholzter Membranen für Wasser besprechen, weil Sachs darauf seine Imbibitionstheorie gegründet hat und das Saftsteigen damit erklären will. Experimentell wurde diese Theorie nie bewiesen. Die Durchlässigkeit der Membranen für Wasser vergleichend für verholzte und unverholzte experimentell zu zeigen, ist mir nicht gelungen; jedoch möchte ich ein paar Thatsachen anführen, welche es in hohem Grade wahrscheinlich machen, dass die verholzte Membran für Wasser durchlässig ist, aber dies keineswegs etwa mehr als die unverholzte.

1. Es giebt eine ganze Reihe Zellen, welche den Saftverkehr vermitteln, und in der ausgewachsenen Pflanze unverholzt sind. Durchlasszellen der Schutzscheide. Epidermiszellen und Parenchym unter der Epidermis. Blattparenchym.

2. Unverholzte Membranen trocknen leicht aus und nehmen leicht Wasser auf.

3. Durch Holz, in welchem die Hohlräume mit Cacaobutter ausgefüllt sind, lässt sich schwer Wasser durchpressen. Es beweist dies deutlich, dass die verholzte Membran an und für sich nicht sehr durchlässig für Wasser ist und dass von einer grossen Permeabilität im Sinne von Sachs nicht die Rede sein kann.

Nach den mechanischen Eigenschaften der ver-
lzten Zellmembran ist zu schliessen, dass ihre Sub-
nz eine modificirte Cellulose ist, deren mechanische
enschaften jedoch keine Veränderung erfahren; im
ntheil, wir treffen bei den verholzten Membranen
ben Abstufungen in der Grösse der Festigkeit,
arkeit, Quellbarkeit, wie bei den unverholzten.

II. Die Verbreitung der Verholzung[1]).

Wo sich in den älteren Arbeiten Angaben über verholzte Membranen finden, ist zum Nachweis der Verholzung fast immer die Chlorzinkjodreaction benutzt worden. Die Chlorzinkjodreaction und die speciellen Holzreactionen geben aber nicht dieselben Resultate, das heisst: was sich mit Chlorzinkjod gelb färbt, röthet sich nicht immer mit Phloroglucin-Salzsäure. Es giebt z. B. an den Uebergangsstellen vom verholzten zum unverholzten Theile bei *Pinus sylvestris* Membranlamellen, die sich mit Chlorzinkjod blau, aber auch mit Phloroglucin-Salzsäure roth färben. Die Chlorzinkjodreaction ist eine Cellulosereaction und wenn die verholzte Membran damit keine Blaufärbung giebt, obwohl sie stets Cellulose enthält, so wird entweder die Reaction durch die Gegenwart anderer Körper verhindert oder was wahrscheinlicher ist, das Cellulosemolekül hat sich mit den Holzsubstanzen in chemische Verbindung gesetzt und wird durch Chlorzinkjod nicht mehr in seine Componenten gespalten. Die Gelbfärbung verholzter Membranen rührt, wie Ambronn[2]) aus den Erscheinungen des Pleochroismus wahrscheinlich gemacht hat, nur von einer mechanischen Jodeinlagerung her. Wenn daher eine schwach verholzte Membran sich mit Chlorzinkjod blau färbt, so ist ein Theil der Cellulose noch nicht mit den Holzsubstanzen verbunden, und nur dieser reagirt, während eine andere Parthie sich bereits verbunden hat, und diese giebt die Rothfärbung mit Phloroglucin-Salzsäure.

Zum Nachweis der Verholzung wurde bei der Untersuchung stets die Phloroglucin-Salzsäurereaction angewandt. Diese und die speciellen Holzreagentien geben übereinstimmende Resultate. Es ist daher nur nothwendig, das empfindlichste Holzreagens, Phloroglucin-Salzsäure, zu benutzen, um die Verholzung nachzuweisen. Ob aber alles, was sich mit Phloroglucin-Salzsäure

1) Eine Zusammenstellung der Literatur über die Verbreitung der Verholzung ist in den Arbeiten von Burgerstein, Untersuchungen über das Vorkommen und die Entstehung des Holzstoffes, Wiener Akademie, Bd. LXX, I, und Niggl, Das Indol ein Reagens auf verholzte Membranen, Flora 1881, enthalten.

2) Ambronn, Ber. d. deutsch. botan. Gesellsch., 1888, p. 85.

roth färbt, verholzt ist, lässt sich nicht beweisen, denn der Begriff der Verholzung ist noch nicht klar. Angeführt sei nur, dass es Wundsecrete und Harze giebt, die sich ebenfalls mit Phloroglucin-Salzsäure roth färben. Wenn wir jedoch den Verholzungsbegriff nur auf vegetabilische Membranen beziehen, dann glaube ich sicher zu gehen, wenn man alles, was sich mit Phloroglucin-Salzsäure roth färbt, als verholzt bezeichnet; denn alle diese Membranen haben, wie ich zeigen werde, die wichtige physiologische Eigenschaft gemein, dass sie nicht mehr wachsen können. Sobald der Process der Verholzung eintritt, verliert die Membran ihre Wachsthumsfähigkeit. Dieser Satz wurde schon vor mehr denn drei Jahrzehnten von C. Nägeli in seinen Collegien vorgetragen.

Von den niederen Cryptogamen zeigt die Membran gewisser Pilze[1]) und Flechten mit Phloroglucin-Salzsäure eine Rothfärbung. Wiederholt habe ich *Penicillium glaucum* untersucht. In einigen Fällen konnte ich keine Spur von Rothfärbung bekommen; in einigen Proben färbten sich die Hyphen schön roth. Dasselbe Resultat bekam ich auch bei einigen Flechten (*Cetraria islandica, Cladonia furcata*). Die Verholzung der Pilzmembran tritt also nicht constant auf. In allen Fällen waren es nur alte Hyphen, die sich roth färbten. Jedoch zum Studium der Bedingungen, unter welchen die Verholzung eintritt, eignen sich die Pilze nicht.

Bei den Moosen tritt die Verholzung ebenfalls auf. Im Stengel sind es gewöhnlich die Zellen des mechanischen Ringes, welche verholzen. So z. B. bei *Polytrichum*.

Von allen Gewebetheilen der höhern Pflanzen (Gefässkryptogamen und Phanerogamen) sind die Gefässe diejenigen, welche während der Entwickelung der Pflanze zuerst verholzen, und bei allen Pflanzen, wo sie vorkommen, stets verholzt sind. Der Keimling hat keine verholzten Membranen, aber sehr früh, schon am dritten bis vierten Tage nach der Keimung, beobachtet man bei vielen Pflanzen verholzte Gefässe[2]). Die zuerst ausgebildeten

1) O. Harz, Ueber das Vorkommen von Lignin in der Pilzmembran. Botan. Centralblatt 1885, p. 387.

2) Burgerstein, Untersuchungen über das Vorkommen und die Entstehung des Holzstoffes. Wiener Akademie, LXX, 1.

Gefässe sind Ring- und Spiralgefässe. Die Verholzung ist bei diesen nur auf die Verdickungsleisten beschränkt; die dünne Wand zeigt keine Rothfärbung. Dieses Verhalten zeigen alle Ring- und Spiralgefässe. Im Gegensatz dazu zeigen die Treppen-, Tüpfel- und Netzfasergefässe eine gleichmässige Verholzung in der ganzen Dicke der Membran. In den Ring- und Spiralgefässen tritt die Verholzung ein, sobald die Verdickungsleisten ihre definitive Dicke erreicht haben. Die Gefässe haben zu dieser Zeit noch ihre Querwände; sie sind mit lebendem Inhalt erfüllt, und die Luft ist noch nicht eingedrungen. Bei den Gefässen mit nicht abrollbaren Verdickungsleisten, tritt, sobald die Gefässwand ihre definitive Dicke erreicht hat, die Verholzung ein. Die Querwände sind in diesem Stadium auch hier nicht resorbirt. Das Gefäss ist mit Plasma erfüllt und noch ohne Luftblasen. Nach der Verholzung zeigt die Membran kein Längen- und Dickenwachsthum mehr. Bei den Ring- und Spiralgefässen werden die Verdickungsleisten, nachdem sie verholzt sind, nicht mehr dicker. Wenn dann die Gefässwand wächst, werden die Ringe auseinander geschoben, und die Spiralen werden steiler ansteigende, bis endlich das Gefäss zusammengedrückt wird.

Wie man die Gefässe überall verholzt findet, so sind die Siebröhren überall unverholzt. Wenn auch alle Elemente im Xylem, z. B. bei den baumartigen Lilien verholzen, so bleiben doch die Siebröhren unverholzt.

Die Bastfasern zeigen in Bezug auf Verholzung sehr verschiedenartige Verhältnisse. In der grossen Mehrzahl verholzen alle, nur die der *Apocyneen*, *Asclepiadeen*, *Urticaceen*, *Moreen*, ebenso diejenigen von *Linum* bleiben entweder zeitlebens unverholzt, oder verholzen sehr spät. Diese unverholzten Bastfasern führen immer lebendes Protoplasma. Das Dickenwachsthum durch Lamellenbildung dauert sehr lang an und sehr spät bilden sich lokale Erweiterungen, deren Zweck zur Zeit ganz unklar ist. Ein principieller Gegensatz von verholzten und unverholzten Bastfasern besteht nicht. Erst spät können solche Fasern gelegentlich verholzen. So habe ich bei *Ficus* speciell gesehen, dass erst im vierten Jahre die Faser zu verholzen begann. Durch äussere Verletzung der Faser kann oft Verholzung herbeigeführt werden. Bei Linum z. B., wenn die Faser geknickt wurde, zieht

sich an der betreffenden Stelle das Protoplasma zusammen und die Stelle verholzt. Bei den verholzten Bastfasern ist die Art des Dickenwachsthums nicht genau bekannt. Nach den Untersuchungen von Krabbe[1]) ist zu schliessen, dass das Dickerwerden der Membran auch bei verholzten Bastfasern durch Lamellenbildung erfolgt. Bei den Bastfasern, welche innerhalb des Collenchyms entstehen *(Levisticum, Vitis, Salvia)*, wird die Bastlamelle zuerst fertig gebildet und dann verholzt sie, so dass man eine innere verholzte Lamelle an das unverholzte Collenchym angelagert findet. Später verholzt auch das Collenchym. Beim Dickerwerden ist es wahrscheinlich, dass die Lamellen unverholzt angelegt werden und erst, nachdem sie ihre definitive Dicke erreicht haben, verholzen. Dafür spricht die Thatsache, dass bei jungen Bastfasern die Innenlamelle in vielen Fällen unverholzt ist. Bei andern Bastfasern, die aus dem Cambium entstehen, tritt die Verholzung ein, sobald die Wand ihre definitive Dicke erreicht hat. Es können jedoch wahrscheinlich noch nachträgliche Lamellen angesetzt werden. Bei derselben Pflanze können verholzte und unverholzte Bastfasern vorkommen. So fand ich z. B. bei *Oxytropis campestris* im Stengel verholzte und in der Wurzel derselben Pflanze unverholzte Bastfasern. In den Wurzeln kommen oft schwach verholzte Bastfasern vor, wo nur die Mittellamelle verholzt ist. Die meisten Bastfasergruppen zeigen eine stärker verholzte Mittellamelle.

Das Collenchym, das mechanische Gewebe wachsender Pflanzentheile, ist so lange es wächst, stets unverholzt. Verholztes Collenchym wird von Burgerstein[2]) und Niggl[3]) angegeben, aber immer in alten Pflanzentheilen.

Die Libriformfaser verholzt, sobald sie ihre definitive Grösse erreicht hat, und zwar immer in der ganzen Länge der Faser. Zur Zeit der Verholzung ist die Faser noch mit Plasma erfüllt, welches später bei den meisten Pflanzen in diesen Elementen verschwindet und nur bei wenigen (*Vitis*) längere Zeit sich noch hält. Dass auch die Libriformfaser nach der Ver-

1) Krabbe, Ein Beitrag zur Kenntniss der Structur und des Wachsthums veget. Zellhäute. Jahrb. f. wiss. Botanik, 1887.

2) Burgerstein, l. c.

3) Niggl, Das Indol, ein Reagens auf verholzte Membranen. Flora 1881.

holzung noch Dickenzunahme durch Lamellenbildung erfährt, ist wahrscheinlich. Bei den Libriformfasern ist die Mittellamelle sehr oft stärker verholzt als die andern Schichten. Ganz unverholzte Innenlamellen kommen relativ selten vor. So z. B. bei *Triosteum perfoliatum*, einer Caprifoliacee.

Bei den Tracheïden tritt die Verholzung wie bei den Libriformfasern immer in der ganzen Wanddicke und ziemlich gleichmässig auf. Es ist dies der Grund, warum die verholzten Tracheïden immer eine scharfe Grenze gegen das unverholzte Cambium bilden. Zur Zeit, wenn die Tracheïde verholzt, führt sie noch lebenden Inhalt, der jedoch bald nachher abstirbt, und dann sind sie mit Luft und Wasser gefüllt. Wenn die Tracheïdenwand verholzt, so verholzt auch der Torus und die Tüpfelmembran. Die sonst sehr guten Untersuchungen von Sanio[1]) stimmen damit nicht überein, weil der Autor die Verholzung mit der Chlorzinkjodreaction nachgewiesen hat. Darnach verholzen zuerst die Intercellularsubstanzzwickel, dann die secundären Verdickungsschichten und zuletzt die Innenmembran. Nach Sanio verholzt die Tüpfelmembran und der Torus nicht. Die Phloroglucin-Salzsäurereaction zeigt aber, dass der Torus und die Tüpfelmembran verholzen. Die Verholzung tritt in der ganzen Tracheïde und in allen Schichten fast gleichzeitig auf.

Alle Markstrahlen verholzen in der Regel früher oder später. Ganz unverholztes Mark und Markstrahlen, auch bei alten Holzgewächsen, habe ich nur bei *Aristolochia Sipho*[2]) gefunden.

Die Verholzung der Markstrahlen geschieht in den Enden der Triebe später als in den anliegenden Tracheïden oder Libriformfasern. Bei *Pinus sylvestris* kommt es z. B. vor, dass primäre Markstrahlen bis zum dritten Jahre unverholzt bleiben. Bei den meisten Pflanzen verholzen sie jedoch im ersten Jahre der Holzbildung. Das Mark verholzt später als die Elemente des Holzes. Nur bei relativ wenigen Holzgewächsen (*Syringa vulgaris*, *Evony-*

1) Sanio, Anatomie der gemeinen Kiefer. Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. IX.

2) Nach Solereder[3]) haben keineswegs alle Aristolochiaceen unverholzte Markstrahlen, vielmehr ist es Ausnahme.

3) Solereder, Beiträge zur Anatomie der Aristolochiaceen. Engler's Jahrbücher, Bd. X.

mus europaeus) bleibt es längere Zeit unverholzt, um aber später zu verholzen.

Das Holzparenchym verholzt bei allen Pflanzen mit secundärem Dickenwachsthum (baumartige Liliaceen und Dikotylen) regelmässig. Bei den Farnen und Equiseten hingegen bleibt es zeitlebens unverholzt. Unverholzt habe ich es ferner gefunden in den Gefässbündeln eines Blattstieles von *Chamaedorea*. In den Palmenstämmen, sowie bei den meisten Dikotylen ist es verholzt.

Die Zellen in der Umgebung der Ring- und Spiralgefässe im Holzkörper bleiben lange unverholzt. Erst nach dem dritten bis vierten Jahre verholzen diese Zellen gewöhnlich. Diese merkwürdige Eigenschaft ist weit verbreitet und nur als Ausnahme ist es zu betrachten, wenn diese Zellen im ersten Jahre schon verholzen wie bei *Vitis*.

Die Parenchymzellen, die einen Harzgang umschliessen, bleiben unverholzt.

Das parenchymatische Grundgewebe der Stengel verholzt bei Farnen, Selaginellen verhältnissmässig früh. Auch bei Grammineen und Cyperaceen verholzt es, aber meistens erst später. Bei den Palmen, Aroideen, Equiseten, Salvinia bleibt es unverholzt. Bei den baumartigen Liliaceen verholzt das secundär entstandene parenchymatische Grundgewebe. Das Grundparenchym besitzt oft eine stärker verholzte Mittellamelle. Wo Intercellularräume vorkommen, sind diese deshalb von einer verholzten Membranlamelle eingeschlossen[1]). Die Verholzung tritt auch hier zu einer Zeit auf, wo die Zellen noch Plasma führen.

Die Parenchymzellen der Blätter zeigen fast immer unverholzte Zellwände. Schwach verholzt sind sie bei älteren Coniferen- und Cycadeen-Nadeln. Wenn Noack[2]) zu zeigen glaubt, dass die Coniferennadeln um so intensiver verholzt sind, je höher der natürliche Standort der betreffenden Art sich über den Meeresspiegel erhebt, oder je weiter er sich vom Aequator nach Norden oder Süden erstreckt, so kann ich das aus seinen That-

1) C. van Wisselingh, Sur les revêtements des espaces intercellulaires. Arch. Néerland, Taf. XXI. Referat Botan. Centralblatt, 1887, p. 359.

2) Noack, Der Einfluss des Klimas auf Cuticularisation und Verholzung der Nadeln einiger Coniferen. Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. XVIII.

sachen nicht erschliessen. Die Verholzung der Coniferen- und Cycadeen-Nadeln scheint mir vielmehr eine Anpassung an das Perenniren zu sein, denn alle Coniferen mit einjährigen Nadeln zeigen unverholzte Assimilationszellen. Junge, schon ausgewachsene Nadeln, zeigen diese Verholzung nicht, sie tritt erst später auf. Auch unter den von Noack angeführten Thatsachen giebt es einige, die direct gegen seine Ansicht sprechen. So sagt er z. B. p. 522 von *Pinus pumilio*: „Zur Untersuchung dienten Exemplare aus den Alpen, dem Riesengebirge, von Darmstadt und Giessen; alle zeigten dieselbe Structur und Verholzung der Nadeln". Wo bleibt da der Einfluss des Klimas?

Bei den Korkzellen ist in der grossen Mehrzahl der Fälle die Mittellamelle verholzt. An die verholzte Mittellamelle ist die Korklamelle angelagert. Die Verholzung tritt auf, nachdem die Zelle im Kork meistens ihre definitive Grösse erreicht hat. Es giebt aber auch echte Korkzellen, welche zugleich in allen Schichten verholzt sind, z. B. in der Wurzel von *Oxytropis campestris*. Die Membranen quellen hier in concentrirter Schwefelsäure gar nicht. Mit Chlorzinkjod färben sie sich gelb und mit Phloroglucin-Salzsäure roth. Die Membran scheint also zugleich verholzt und verkorkt zu sein.

Sehr verschiedenartige Verhältnisse in Bezug auf Verholzung zeigen die Schutzscheiden. Bei Farnen entwickeln sich aus ihr die Wurzeln; sie ist da unverholzt. Ebenso unverholzt ist sie bei vielen Wurzeln mit Dickenwachsthum (Compositen). In andern Fällen verkorkt die Mittellamelle und dieser sind verholzte Schichten angelagert (Gräser). Oder die ganze Schutzscheide verholzt, nur die sog. Durchlasszellen bleiben unverholzt (viele Monokotylen). Wenn die Schutzscheide verholzt, dann beginnt die Verholzung in der ausserhalb der Siebröhren liegenden Partie. Die unverholzten Durchlasszellen befinden sich in der Nähe der Gefässe. Zur Zeit, wenn die Verholzung eintritt, führen die Zellen auch hier noch lebenden Inhalt.

Die Bastscheide der Gefässbündel verholzt immer.

Die Epidermiszellen haben eine verholzte Cuticula; die übrige Membran ist bald verholzt, bald unverholzt. In den Rhizomen von Gräsern und in der Epidermis vieler Wurzeln ist

das erstere der Fall. Ferner kommt häufig eine verholzte Innenlamelle vor, während die übrige Wandsubstanz unverholzt ist.

In den Samenschalen[1]) sind es die mechanischen Elemente, welche verholzen.

Die Verholzung tritt zu einer Zeit in der Zelle ein, wo sie immer noch Protoplasma führt; eine abgestorbene Zelle kann nicht mehr verholzen. Die Verholzung ist darum ein Process, welcher vom Leben der Zelle abhängt. Man hat darum immer unter den Bedingungen der Verholzung das lebende Protoplasma, welches aus inneren unbekannten Gründen die Verholzung einleitet.

Bei den Pflanzengruppen, welche auf den ersten Blick schwächer verholzt als andere erscheinen (submerse Wassergewächse und Succulenten), zeigt sich bei genauer Untersuchung, dass sie keine Ausnahmestellung unter den Pflanzen bilden. Die Elemente, welche gewöhnlich verholzen, sind entweder nicht vorhanden, oder nur in geringem Maasse vertreten. Wo die Gefässe bei diesen Pflanzen ausgebildet sind, verholzen sie auch; wenn Wasser- oder Luftkanäle an ihre Stelle treten, kann man keine Verholzung erwarten. Ebenso haben Bast- und Libriformfasern bei vielen dieser Pflanzen eine schwache Ausbildung. Wo sie vorkommen, sind sie auch verholzt; wo aber Collenchym- oder Parenchymzellen ihre Stelle einnehmen, ist auch keine Verholzung vorhanden. Das Zurücktreten aller mechanischen Elemente bei vielen dieser Pflanzen, und die grosse Ausdehnung des Parenchyms bringen es mit sich, dass die Verholzung wenig zur Geltung kommt. In Wirklichkeit sind aber diese Pflanzen keine Ausnahmen von der Regel. Alle Elemente, welche gewöhnlich verholzen, sind auch hier verholzt, sofern sie überhaupt vorkommen.

III. Die Beziehungen der Verholzung zum Wachsthum.

Wer es versuchen will, die physiologische Bedeutung der Verholzung klar zu legen, muss zuerst den Einfluss derselben auf

1) O. Harz, Ueber die Verholzung von Samenschalen. Botan. Centralblatt 1886.

die Lebensthätigkeit der Zelle untersuchen. Die meisten neueren Autoren neigen zu der Ansicht[1]), dass die Verholzung als eine Modification der Wandsubstanz aufzufassen ist, welche auf die Function des Protoplasmas keinen wesentlichen Einfluss ausübt.

Im Inhalt von verholzten Zellen kann man häufig Plasma nachweisen. So hat Schwendener[2]) in den jungen Bastzellen von *Paris quadrifolia* Chlorophyll beobachtet, und Sanio[3]) in den Holzfasern von *Spiraea salicifolia* und in den gefächerten Fasern von *Vitis*. Sanio fand auch Gerbstoff in den Holzfasern von *Syringa vulgaris* und Warburg[4]) in den Fasern verschiedener Lianen. Verholzte Zellen dienen häufig zur Stärkespeicherung, so besonders das Holzparenchym und die Markstrahlen, worauf De Bary[5]) mit Recht Gewicht gelegt hat.

Neben diesen verholzten Zellen mit Protoplasma im Inhalt, giebt es eine ganze Reihe, wo das Plasma verschwunden ist, so die Gefässe, die grosse Mehrzahl der Bast- und Libriformfasern und die Tracheïden.

Wichtiger als die Thatsache, dass Protoplasma in Zellen mit verholzten Membranen vorkommt, ist die Frage, ob eine verholzte Zelle sich noch theilen kann; denn der Theilungsprocess ist der beste Ausdruck für das Leben einer Zelle. In allen Fällen, wo man die Theilungsfähigkeit hat verholzten Zellen zuschreiben wollen, ist es in hohem Grade wahrscheinlich, dass die Zelltheilung von unverholzten Zellen ausgegangen ist, wie es bereits Warburg[6]) betont hat. Bis jetzt sind einzig sicher innere Fächerungen verholzter Zellen beobachtet worden, so bei Markstrahlzellen, Bast- und Libriformfasern. Es ist deshalb nothwendig, diese inneren Fächerungen noch genauer zu studiren.

Bei der Fächerung von Bast-, Libriform- und Markstrahlzellen ist es immer nur die innerste Lamelle, welche die Querwand bildet, wie De Bary[7]) schon betont hat. Wann sich die

---

1) Man vergleiche die Lehrbücher von Strasburger, Frank, Wiesner.
2) Schwendener, Das mechanische Princip, p. 111.
3) Sanio, Botan. Zeitung 1863, p. 106.
4) Warburg, Ber. d. deutsch. botan. Gesellsch., Bd. XI, p. 426.
5) De Bary, Vergl. Anatomie der Vegetationsorgane, p. 499.
6) Warburg, Ber. d. deutsch. botan. Gesellsch., Bd. XI, p. 428.
7) De Bary, Vergl. Anatomie der Vegetationsorgane, p. 141.

Lamelle bildet, ob sie schon im Cambium oder erst nachträglich im Holzkörper entsteht, ist mir noch nicht klar geworden. In allen Fällen scheint aber die Neubildung einer unverholzten Lamelle der Fächerung vorauszugehen. Ob nun diese Lamelle zur Zeit des Entstehens gleich verholzt angelegt wird, habe ich nicht beobachten können; aber bei einigen gefächerten Bastfasern, so bei *Aristolochia sipho* und *Vitis vinifera*, war diese Innenlamelle deutlich unverholzt. Es ist wahrscheinlich, dass diese Lamelle in allen Fällen bei innerer Fächerung unverholzt angelegt wird und erst nachträglich verholzt, so dass diese Fälle nicht als Beweis dafür angesehen werden können, dass eine Zelle mit verholzter Membran noch theilungsfähig ist.

Nachdem bereits Warburg[1]) bei der Durchmusterung der Literatur gefunden hatte, dass in keinem einzigen Falle eine Neubildung von Zellen aus verholzten als sicher bewiesen angesehen werden kann, versuchte ich experimentell die Callusbildung nochmals genauer auf diesen Punkt zu prüfen. Wenn man nach den Figuren von Trécul[2]) schliessen wollte, dann müsste man annehmen, dass die Callusbildung auch von verholzten Zellen ausgeht. Um diese Annahme zu prüfen, wurde Callusbildung durch Ringelung bei einer Anzahl von Holzarten (*Tilia parvifolia, Salix caprea, Syringa vulgaris, Aesculus hippocastanum*) herbeigeführt. Bei der mikroskopischen Untersuchung zeigte sich ausnahmslos, dass die Zelltheilungen nur von unverholzten Zellen ausgegangen waren. Wo das Cambium vollständig entfernt wurde, bildete sich auch kein Callus; nur an den Stellen, wo unverholzte Zellen zurückgeblieben waren, seien es Cambium- oder unverholzte Markstrahlzellen, nahm die Callusbildung ihren Anfang. Es tritt also auch hier Zelltheilung nur in unverholzten Zellen auf, und da die Trécul'schen Figuren nicht als Gegenbeweis angesehen werden können, so ist die Ansicht gerechtfertigt, dass die Callusbildung nur auf unverholzte Zellen beschränkt ist.

In neuerer Zeit hat Schenck[3]) bestimmt die Ansicht aus-

1) Warburg, l. c.

2) Trécul, Annales d. sciences naturelles, Ser. III, T. 19, Planche 2, Fig. 3.

3) Schenck, Beiträge zur Anatomie der Lianen, 1893, II. Theil, p. 102, 116, 230, 239.

gesprochen, dass verholzte Markstrahlzellen, Holzparenchym- und sogar Holzfasern wieder sich theilen können, wobei die Verdickungsschichten aufgelöst, oder aber durch chemische Einflüsse dehnbar gemacht werden sollen. Nach den Einwendungen Warburg's[1]) gegen diese Angaben geht aber auch hier die Zelltheilung von unverholzten Zellen aus. In der neuesten Arbeit von Schenck[2]) lässt derselbe wiederum Zelltheilungen von verholzten Zellen, Holzparenchym und Markstrahlen ausgehen. Er sagt jedoch ausdrücklich, dass die Zellen, so lange sie wachsen, unverholzt sind. Insoweit würden auch diese abnormen Fälle nicht gegen die Regel verstossen, dass alle Zellen, so lange sie wachsen, unverholzt sind. Ob nun wirklich die verholzten Membranen selbst in Folge vorhergegangener chemischer Veränderung Wachsthum zeigen, oder ob die Membranlamelle, welche wächst, anderen Ursprungs ist, scheint mir durch die Untersuchung von Schenck noch nicht völlig klargelegt. Jedenfalls sind diese Fälle einer erneuten Prüfung zu unterziehen, denn aus den Figuren Schenck's ist nicht sicher zu sehen, dass die fraglichen Zellen aus verholzten herzuleiten sind.

Abgesehen von diesen Streitfragen haben alle Autoren, welche die Zerklüftungsvorgänge der Lianen studirt haben, gefunden, dass der Zerklüftungsprocess immer nur von unverholzten Zellen ausgeht. Es scheint mir deshalb wahrscheinlich, dass auch in den angegebenen Streitfällen dies ebenfalls der Fall ist. Ich habe mich bemüht, soweit mir frisches Material zur Verfügung stand, einige Fälle genauer zu prüfen. Bei allen untersuchten Pflanzen (*Bignonia perforata, Paullina sorbilis, Anamirta cocculus, Combretum salicifolium, Glycine sinensis*), gehen die Zelltheilungen nur von unverholzten Zellen aus und diese bleiben während des Wachsthums unverholzt. Es hätte keinen Zweck, näher auf diese Fälle einzutreten, denn ich müsste nur wiederholen, was Andere schon gesagt haben.

Nachdem wir gesehen, dass eine Zelle mit verholzter Wand sich nicht mehr theilen kann, haben wir uns zu fragen, ob eine

---

1) Warburg, l. c., p. 432.

2) Schenck, Ueber die Zerklüftungsvorgänge in normalen Lianenstämmen. Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. XXVII, p. 582, 595, 608, 609.

verholzte Membran noch Flächenwachsthum zeigt. Nach Sonntag's[1]) und meinen Untersuchungen wissen wir, dass die Dehnbarkeit verholzter Membranen eine geringe ist. Ohne einen grossen Fehler zu begehen, kann man deshalb bei der Untersuchung über Flächenwachsthum die Dehnung verholzter Membranen weglassen. In der Literatur wird zwar oft von Dehnung gesprochen, wo es sich um Wachsthum von Membranen handelt.

Wenn eine verholzte Membran wirklich noch Wachsthum zeigen sollte, so müsste das in allererster Linie an den Ring- und Spiralgefässen zu beobachten sein. Mit Nägeli[2]) unterscheiden wir Gefässe, welche noch Wachsthum zeigen, mit abrollbaren Leisten, und Gefässe, welche nicht mehr wachsen, mit nicht abrollbaren Leisten (Treppen-, Tüpfel- und Netzfasergefässe). Alle Gefässe verholzen bekanntlich sehr früh. Bei den nicht abrollbaren verholzt die ganze Dicke der Membran; bei den Ring- und Spiralgefässen hingegen nur die Verdickungsleisten. In allen genau untersuchten Fällen zeigte sich eine Rothfärbung mit Phloroglucin-Salzsäure nur in den Ring- und Spiralleisten, die Gefässwand selbst blieb ungefärbt. Die Ringe werden durch das Wachsthum von einander entfernt und die Spiralen werden steiler, bis sie zuletzt gerade gestreckt sind. Die Gefässwand wird zerrissen und das Lumen von den benachbarten Parenchymzellen zusammengedrückt. Aus diesen Gründen beruht das Wachsthum der Ring- und Spiralgefässe nur auf der Streckung der unverholzten Gefässwand.

Um jedoch die Frage besser zu illustriren, wird es am zweckmässigsten sein, auf einige Fälle näher einzutreten.

Der Gramineenknoten ist wie wenige Objecte geeignet, das Verhältniss der Verholzung zum Wachsthum zu beleuchten. Wir haben hier ein streng localisirtes Wachsthum der Blattscheide und des Halmes. Die wachsthumsfähige Zone des Halmes liegt bei den meisten Gräsern oberhalb des Knotens. Nimmt man einen Grashalm, der in lebhaftem Wachsthum begriffen ist, zur Zeit, da die Aehre aus der obersten Blattscheide auszutreten

1) Sonntag, Landw. Jahrb. 1892.

2) Nägeli, Das Wachsthum des Stammes und der Wurzel bei Gefässpflanzen. Beiträge zur wiss. Botanik, Heft I. Leipzig 1858.

und macht einen Querschnitt durch die Mitte des otens, so findet man im Scheidentheil nur die wenigen Gese verholzt. Im Halmtheil sind die Gefässe zahlreicher und benfalls verholzt; desgleichen aber auch die Gefässbündelscheide. Auf einem anderen Querschnitte, der einige Millimeter weiter oben geführt ist, sind in der Scheide die Gefässe in grösserer Anzahl und verholzt; daneben sind auch die Gefässbündelscheide, die Bastzellen und mehr oder weniger, je nach der Art verschieden, auch die Epidermiszellen verholzt. Auf dem Halmtheil, der hier in seiner wachsthumsfähigen Zone durchschnitten wurde, finden sich nur wenige verholzte Gefässe. Auf dem Längsschnitte erweisen sich die Gefässe als Ring- und Spiralgefässe. Ihre Verdickungsleisten sind verholzt, die Gefässwand selbst ist unverholzt. Während des Längenwachsthums strecken sich nur die Gefässwände, die Spiralen werden steiler und die Ringe rücken auseinander. Die verholzten Bastzellen des nicht wachsenden Theiles sind in der wachsthumsfähigen Partie durch unverholztes Collenchym ersetzt, das sich streckt und Zelltheilungen eingeht. Die Gefässbündelscheide ist in der wachsthumsfähigen Partie in Form von Parenchymzellen ausgebildet. Wir haben also in den wachsthumsfähigen Partien keine verholzten Zellen, sondern nur verholzte Leisten in den Gefässen. Die Streckung beruht nur auf dem Wachsthum unverholzter Membranen. Wenn das Wachsthum an der betreffenden Stelle aufhört, so verholzen auch die früher wachsthumsfähigen Zellen. Im reifen Getreidehalm findet man im Knoten alle Zellen bis auf die Siebröhren verholzt.

Der sich streckende Theil der Blattstiele und die Blattpolster zeigen ein ähnliches Verhalten. Im wachsenden Theile befinden sich auch nur Ring- und Spiralgefässe, deren Wände mit Phloroglucin-Salzsäure keine Röthung zeigen. Die mechanischen Elemente sind in Form von Collenchym ausgebildet, und die Gefässbündelscheide besteht aus parenchymatischen unverholzten Zellen.

In Keimpflanzen tritt die Verholzung in den Gefässen sehr früh auf, wie Burgerstein[1]) bereits constatirt hat. Es

1) Burgerstein, l. c., p. 352.

verholzen jedoch nur die Ringe und Spiralen in den Gefässen, die Wandung selbst bleibt unverholzt. Sobald Gefässe mit nicht abrollbaren Leisten gebildet werden, hat das Wachsthum an den betreffenden Stellen aufgehört, was sich leicht durch Anbringen von Tuschpunkten constatiren lässt. Im hypokotylen Gliede, wo der Stengel sich streckt, sind ebenfalls nur die Ringe und Spiralen in den Gefässen verholzt. Diese abrollbaren Gefässwandverdickungen rücken bei *Phaseolus vulgaris* im Hypokotylenstengel auf den 10—15fachen Abstand auseinander, ehe der Verholzungsprocess an Längswänden anderer Zellen desselben Stengelstückes beginnt[1]).

Wenn alles Wachsthum auf der Streckung von unverholzten Zellen beruht, dann muss auch bei der Bildung der Thyllen die Membran, so lange sie wächst, unverholzt sein. Die Thyllen entstehen durch Hereinwachsen der Holzparenchymzellen in das Gefässlumen. Bei *Robinia pseudacacia* entstehen sie im dritten bis vierten Jahrringe. Untersucht man im Winter, so findet man die Thyllenmembranen fertig ausgebildet und verholzt. Im Frühjahr, wenn sich die Thyllen bilden, findet man immer die noch jungen und wachsenden deutlich unverholzt. Das Wachsthum der Membran der Thyllen ist also ebenfalls auf den unverholzten Zustand beschränkt. Wie die neue Thyllenmembran entsteht, ist mir zur Zeit noch unklar. Wahrscheinlich findet in der benachbarten Holzparenchymzelle die Bildung einer neuen Lamelle statt. Durch den Turgor sprengt sie die alte Tüpfelmembran und wächst in das Gefäss hinein. Untersucht wurde: *Robinia pseudacacia, Quercus sessiliflora* und *Ipomoea* spec.

Um weiter zu prüfen, ob eine verholzte Membran noch Wachsthum zeigt, untersuchte ich die Schutzscheiden von Wurzeln mit Dickenwachsthum. In sehr vielen Fällen (Compositen) ist die Schutzscheide unverholzt, oder nur in den Caspary'schen Punkten verholzt. Diese Schutzscheidenzellen zeigen eine nachträgliche tangentiale Streckung, nicht selten verbunden mit Bildung von Radialwänden.

Bei der Bildung von Bastfasern, welche im Collenchym

---

1) Vergl.: A. Dodel, Der Uebergang des Dikotylenstengels etc. Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. VIII, p. 187.

entstehen, fragt es sich, ob die erste Anlage einer verholzten Lamelle zu einer Zeit geschieht, wo der Stengeltheil noch wächst, oder aber erst zu der Zeit, wo das Längenwachsthum des betreffenden Gewebes bereits abgeschlossen ist. Bei allen untersuchten Fällen (*Vitis, Levisticum, Salvia, Eryngium, Enkea*) zeigte sich, dass zu dieser Zeit bereits die Treppengefässe vollständig fertig sind, und in den meisten Fällen sind auch schon Libriformfasern vorhanden. Es hat also zu dieser Zeit der Stengel aufgehört zu wachsen und folglich wächst auch die Bastzelle, wenn die erste verholzte Lamelle ausgebildet ist, nicht mehr in die Länge.

Beim Dickenwachsthum unserer Laub- und Nadelhölzer werden die Elemente des Holzes zuerst fertig ausgebildet, und erst dann erfolgt die Verholzung. Durch vergleichende Messungen lässt sich leicht constatiren, dass z. B. Tracheïden oder Libriformfasern, welche an die verholzten angrenzen, selbst aber noch nicht verholzt sind, gleiche Länge wie die nebenanliegenden verholzten haben.

Aus allen diesen untersuchten Fällen geht klar hervor, dass eine Zelle mit verholzter Wand sich nicht mehr theilen kann, und dass eine verholzte Membran kein Flächenwachsthum mehr zeigt. Theoretisch ist auch zu erwarten, dass die verholzte Membran kein Dickenwachsthum mehr aufweist; jedoch ist die Untersuchung dieser Frage weit schwieriger, und zum Theil sind die Vorgänge des Dickenwachsthums noch zu wenig bekannt.

Bei Ring- und Spiralgefässen, welche man in den Wurzeln von Keimpflanzen auf eine längere Strecke verfolgen kann, zeigt die Untersuchung, dass die Verdickungsleisten unverholzt angelegt werden. Wenn sie dann verholzen, kann man kein Dickerwerden der einzelnen Leisten in demselben Gefäss constatiren. Die ersten verholzten Ringe oder Spiralen eines Gefässes sind ebenso dick wie alle anderen desselben Gefässes. Ein Dickenwachsthum der verholzten Leisten hat also nicht stattgefunden[1]). Von vielen Parenchymzellen (Gramminееn, baumartige Lilia-

---

1) Das Gleiche hat A. Dodel in seiner Arbeit über den Uebergang des Dikotylenstengels, Pringsheim's Jahrb., Bd. VIII, p. 187, 188, constatirt.

ceen) ist sicher, dass, wenn die Membran verholzt, sie kein Dickenwachsthum mehr zeigt; denn die alten verholzten Zellen haben gleich dicke Wandungen, wie die jungen eben verholzten. Bei Steinzellen, verdicktem Holzparenchym, Bast- und Libriformfasern hingegen ist der Vorgang der Verdickung der Wandung nicht genau bekannt. Nach der alten Nägeli'schen Annahme würden diese Membranen nur durch Intussusceptionswachsthum sich verdicken. Diese Annahme ist jedoch nicht die wahrscheinlichste. Vielmehr glaube ich, dass auch in diesen Fällen die Neubildung von Lamellen und Anlagerung dieser an vorhandene, wie es von Krabbe[1]) für gewisse Bastfasern und von Kohl[2]) für verdickte Zellen von Haaren nachgewiesen wurde, eine weit grössere Verbreitung hat. Ich glaube, dass auch bei der Bildung von Bast- und Libriformfasern, von Steinzellen und verdicktem Holzparenchym die Verdickung dieser durch Anlagerung von Lamellen zu Stande kommt und dass die Lamelle unverholzt gebildet wird und erst nachher verholzt.

Bei den Steinzellen im Marke von *Podocarpus salicifolius* habe ich diese Lamellenbildung nachweisen können. Die Markzellen, die zu Steinzellen werden, zeigen eine Verholzung ihrer Membran. An diese legt sich dann eine unverholzte Lamelle an, die sich leicht von der verholzten ablöst. Diese Lamelle verholzt dann später und eine neue Lamelle wird unverholzt angelegt. Man hat also hier die Lamellenbildung, wie sie Krabbe für die unverholzten Bastfasern nachgewiesen hat. Die Lamelle wird unverholzt angelegt, und erst nachdem sie in die Dicke gewachsen ist, verholzt sie. Dieses Dickenwachsthum beruht also nur auf dem Dickenwachsthum unverholzter Lamellen. Es bedarf jedoch die Lamellenbildung noch weiterer Untersuchungen, denn die Thatsachen, die wir kennen, gestatten nur Wahrscheinlichkeitsschlüsse zu ziehen.

---

1) Krabbe, Ein Beitrag zur Kenntniss der Structur und des Wachsthums veget. Zellhäute. Jahrb. f. wiss. Botanik, 1887.

2) Kohl, Wachsthum und Eiweissgehalt veget. Zellhäute. Botan. Centralblatt, Bd. XXXVII.

IV. Die physiologische Bedeutung der Verholzung.

Wenn wir uns nun fragen, welchen speciellen Nutzen die Verholzung der Pflanze bringt, oder zu welchem Zwecke sie der Pflanze dient, so ergiebt sich aus diesen Untersuchungen von selbst, dass die von Sachs[1]) und Burgerstein[2]) geäusserten Vermuthungen nicht richtig sein können. Nach den beiden Autoren soll die Verholzung zur besseren Leitung des Wassers in der Pflanze dienen. Das Vorkommen verholzter Membranen allein schon genügt, um zu zeigen, dass dies nicht der Fall ist. Es giebt viele stark verholzte Membranen, die mit der Wasserleitung nichts zu thun haben (Bastfasern, Steinzellen) und andererseits kennt man ebenfalls Zellen, die der Wasserleitung dienen, dabei jedoch unverholzt sind (Durchlasszellen der Schutzscheide, Epidermiszellen etc.).

Verbreitet ist auch die Meinung, dass die verholzte Membran irgend eine mechanische Function besser erfüllen könnte als die unverholzte. Unsere Untersuchung über die mechanischen Eigenschaften der verholzten Membran zeigt uns, dass durch die Verholzung keine wesentliche Aenderung bewirkt wird, es sei denn die Härte, welche sich nicht prüfen lässt.

Die Untersuchung zeigte uns sicher, dass alle verholzten Membranen dadurch gekennzeichnet sind, dass sie kein Flächenwachsthum und höchst wahrscheinlich kein Dickenwachsthum mehr zeigen. In dieser Beziehung verhalten sich alle Membranen, welche sich mit Phloroglucin-Salzsäure roth färben, gleich. Es macht dieser Umstand es ziemlich sicher, dass die Membranen, welche wir als verholzt bezeichnen, weil sie sich mit Phloroglucin-Salzsäure roth färben, als physiologisch gleichwerthige Gebilde aufzufassen sind.

Wenn wir den Zweck der Verholzung darin erblicken, dass die Pflanze damit sich ein Mittel verschafft hat, um Membranen gewissermassen festzulegen, so dass sie ihre Form behalten und nicht mehr wachsen können, so kann man damit, wie ich glaube,

1) Sachs, l. c.

2) Burgerstein, l. c.

das Vorkommen verholzter Membranen am besten erklären. Die auffallendste Thatsache im Vorkommen der Verholzung, nämlich dass bei allen Pflanzen mit secundärem Dickenwachsthum die Elemente, welche innerhalb des Verdickungsringes liegen, früher oder später verholzen, erhält dadurch eine Begründung. Die Pflanze hat einen unbedingten Vortheil, wenn die einmal fertig gebildeten Elemente sich nicht mehr verändern können. Deshalb sind alle diese Elemente verholzt, damit sie kein Wachsthum mehr aufnehmen können.

Bei den Bastfasern zeigen die unverholzten, wie Krabbe[1]) nachgewiesen hat, nachträgliches Wachsthum, indem sie Ausbauchungen erzeugen. Bei verholzten ist dieser Vorgang noch nie constatirt worden. Es hat also auch hier das Ausbleiben der Verholzung seinen Zweck; die Membran muss nachträglich noch wachsen können.

Einen interessanten Vergleich bieten uns die baumartigen Liliaceen mit den Palmen, auf den ich näher eintreten möchte.

Die baumartigen Liliaceen (untersucht wurde *Dracaena draco* und *Aloë arborescens*) zeigen folgendes Verhalten. Die Verdickungszone ist ganz unverholzt. Wenn sich Gefässbündel bilden, so tritt erst, nachdem das gleitende Wachsthum der Bündelelemente beendet ist, die Verholzung ein. Es verholzen Bast- und Holzparenchym fast gleichzeitig; die Gefässe verholzen etwas früher. Unverholzt bleiben nur die Siebröhren. Das Grundparenchym verholzt ein wenig später als das Gefässbündel, jedoch im Innern ist es immer verholzt. Die baumartigen Liliaceen verhalten sich also wie alle Pflanzen mit einem Verdickungsring. Alle ausgebildeten Elemente, welche aus dem Ringe entstehen, verholzen früher oder später.

Die Palmen zeigen im Gegensatz hierzu kein secundäres Dickenwachsthum. Ein allfälliges Dickerwerden des Stammes geschieht nur durch Vermehrung des Grundparenchyms. Dementsprechend ist dieses immer unverholzt, während die Gefässbündelelemente (Bast, Holzparenchym und Gefässe) verholzt sind. Untersucht wurden Stämme von *Chamaerops humilis*, *Trinax* spec.,

---

1) Krabbe, l. c.

Caryota urens und Blattstiele von *Phoenix dactylifera*, *Livistona* und *Chamaedorea*.

Auch die Schutzscheide der Wurzel zeigt je nach ihrer Function ein verschiedenes Verhalten. Wenn sie noch in tangentialer Richtung wachsen muss, wie bei Wurzeln mit Dickenwachsthum, oder als wurzelbildende Schicht figurirt, so ist sie unverholzt. In anderen Fällen, wo sie nicht mehr wächst, verholzt sie.

Freilich bleiben nach wie vor einzelne Thatsachen im Vorkommen der Verholzung räthselhaft, so z. B. das stetig Unverholztsein der Siebröhren und das lange Unverholztbleiben der Zellen in der Umgebung der Ring- und Spiralgefässe. Dessenungeachtet glaube ich doch meine Ansicht über den Zweck der Verholzung besser begründet zu haben, als die anderen Autoren.

Fassen wir zum Schluss die Hauptresultate unserer Untersuchung zusammen:

1. Durch die Verholzung werden die mechanischen Eigenschaften einer Membran nicht verändert; die verholzte Membran zeigt dieselben Abstufungen in der Grösse der Festigkeit, Dehnbarkeit und Quellbarkeit, wie die unverholzte.

2. Die Verholzung tritt immer in den Zellen zu einer Zeit ein, wo diese noch lebendes Plasma führen.

3. Eine Zelle mit verholzten Membranen kann sich nicht mehr theilen.

4. Eine verholzte Membran zeigt kein Flächenwachsthum und höchst wahrscheinlich kein Dickenwachsthum mehr.

5. Die physiologische Bedeutung der Verholzung ist in der Thatsache zu suchen, dass eine verholzte Membran kein Wachsthum mehr zeigen kann.

Die vorstehenden Untersuchungen wurden im botanischen Institute der Universität Berlin unter der Leitung des Herrn Prof. Dr. Schwendener ausgeführt. Diesem, meinem hochverehrten Lehrer, spreche ich an dieser Stelle für das meiner Arbeit gewidmete Interesse, sowie für die ertheilten Belehrungen und Rathschläge meinen verbindlichsten Dank aus.

Beiträge zur Physiologie der Keimung von Zea Mais L.

Von

Ferdinand Linz.

Das Interesse für den Keimungsprocess der Gramineen-Samen ist durch die interessante und im Gegensatz zu den bisherigen botanischen Arbeiten über diesen Gegenstand mit relativ guten Methoden durchgeführte Arbeit von Brown und Morris (Researches of the germination of some of the Gramineae; Journal of the Chemic. Society; Juni 1890) wieder wachgerufen worden. Herr Prof. Arthur Meyer veranlasste mich, Lücken und Zweifel, welche diese Arbeit übrig gelassen hatte, auszufüllen und zu heben. Vorzüglich galt es, zu untersuchen, ob die Ansicht Brown's richtig sei, dass das Endosperm der Gramineen todt sei.

Während Vorarbeiten für die Untersuchung gemacht wurden, erschien eine für unsere Frage wichtige Mittheilung von Pfeffer (Ueber die Ursachen der Entleerung der Reservestoffe aus Samen; Berichte der math.-phys. Klasse der Königl. Sächs. Gesellsch. der Wissensch. zu Leipzig; 3. Juli 1893), in der auch behauptet wurde, das Endosperm sei lebend, jedoch der Beweis für diese Behauptung nicht mit Sicherheit erbracht wurde. Zuletzt ist dann, während ich arbeitete, noch die ausführlichere, unter Pfeffer's Leitung gearbeitete Abhandlung von Hansteen (Barthold Hansteen, Ueber die Ursachen der Entleerung der Reservestoffe aus Samen; Flora, Ergänzungsband zum Jahrgange 1894, p. 418) erschienen, in der eine Thatsache angeführt wird, die es sehr wahrscheinlich macht, dass das Endosperm lebt.

Es konnten die von Pfeffer und Hansteen gemachten Erfahrungen bei meiner Arbeit zum Theil Verwendung finden. Hansteen stellte (ähnlich wie es Brown mit den Embryonen

machte) mit Gypsschildchen versehene Endosperme in 1procentige Zuckerlösung und fand, dass die Endosperme dann die Stärkelösung einstellen. Eine derartige Sistirung ist wohl nur in lebenden Zellen möglich. Auch ich war auf ganz anderem Wege zu derselben Ueberzeugung gekommen und glaube weiter unten den Beweis für diese Auffassung erbringen zu können. Da sich zudem Pfeffer's Schüler nicht mit den Verhältnissen, welche die Diastase der Gramineen-Früchte zeigt, beschäftigt hat, und auch bei Brown und Morris noch viele Lücken in dieser Beziehung bleiben, so bringen meine Untersuchungen wohl eine wünschenswerthe Ergänzung dieser Arbeiten. Ich habe mich auf die Untersuchung eines Objectes, die Frucht von *Zea Mais*, beschränkt, um eine gründliche Durcharbeitung der Frage vornehmen zu können. Bei Mittheilung der Art der Anstellung und der Resultate der Versuche bin ich sorgfältig zu Werke gegangen, da bei diesen Untersuchungen kleine Fehlerquellen grosse Wirkung haben, und ohne ganz genaue Angabe des Verfahrens eine kritische Würdigung der Resultate nicht möglich ist.

Die bei den Keimungsversuchen nöthigen Vorsichtsmassregeln gegen das Eindringen von Bakterien hatte ich auf Veranlassung des Herrn Professor Arthur Meyer schon vor der Veröffentlichung der Abhandlung von Pfeffer und Hansteen in ähnlicher Weise getroffen, wie es derselbe beschreibt, nur hatte ich nicht unter einem schützenden Abzug gearbeitet. Obgleich meine Kulturen bakterienfrei geblieben waren, habe ich doch der grösseren Sicherheit wegen bei späteren Versuchen auch die Präparationen in einem extra dazu hergerichteten, aus Spiegelscheiben zusammengesetzten Glaskasten vorgenommen, der durch Spülen und Ausspritzen mit Sublimatlösung bakterienfrei gemacht werden konnte.

Die erste Aufgabe, die mir Herr Prof. Meyer stellte, war die Verbesserung der besten bisher bekannten Bestimmungsmethoden der Diastase.

Was die Brauchbarkeit der bisher bekannt gewordenen Methoden zur Bestimmung der Diastase anbelangt, so verweise ich auf die kurze kritische Besprechung, die Herr Prof. Meyer in seinem Werke „Untersuchungen über die Stärkekörner“ (Fischer 1895) p. 63 dieser Frage hat zu Theil werden lassen.

Obige Versuche wiederholt mit derselben Diastase und frisch bereiteter Stärkelösung gaben:

100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 1 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . = 10 mg Cu,
100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 2 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . = 17 „ „
100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 4 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . = 32 „ „

Die Versuche wurden bei 30° C. und 48stündigem Digeriren wiederholt mit frisch bereiteten Lösungen von Diastase und Stärke in obigem Verhältniss:

100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 1 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . = 13 mg Cu,
100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 4 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . = 53 „ „
100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 5 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . = 74 „ „

Die bisherigen Versuche stimmten mit dem Kjeldahl'schen Proportionalitätsgesetz nicht genau überein; es wurden deshalb zunächst Versuche gemacht, die prüfen sollten, ob sich bei höherer Temperatur eine grössere Constanz und eine bessere Proportionalität der Resultate erzielen lasse. Unter sonst gleichen Verhältnissen wurden bei 40° C. Versuche angestellt. Die Resultate derselben waren die folgenden:

100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 1 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . = 24 mg Cu,
100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 3 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . = 73 „ „
100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 5 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . = 133 „ „
100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 7 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . = 155 „ „

Versuche mit derselben Diastase, einige Tage später angestellt, unter sonst gleichen Verhältnissen gaben folgendes Resultat:

100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 2 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . = 56 mg Cu,

Stärkelösung durch Kochen mit „einigen" Tropfen Salzsäure her (p. 420). Salzsäure beeinflusst aber ungemein die Diastasewirkung und kann sie leicht völlig hemmen. Es scheint mir das Kochen mit „einigen" Tropfen Salzsäure darnach eine höchst verhängnissvolle Methode zu sein. Grüss arbeitet auch anscheinend recht unbekümmert um die Temperatur, bei der die Einwirkung stattfindet.

Ueber die in dieser Arbeit zur quantitativen Bestimmung benutzte Methode.

Die quantitative Bestimmung der diastatischen Wirkung wurde im Allgemeinen nach Kjeldahl's Methode ausgeführt, die Stärkelösung aber wurde nach Lintner's Methode (Erdmann's Journal f. prakt. Chemie, Bd. 34, 1886) hergestellt. Zur Messung des Reductionsvermögens der in Betracht kommenden Flüssigkeiten benutzte ich Allihn's Methode. Das Nähere über die Art der Versuchsanstellung wird weiter unten mitgetheilt.

Die ersten derartigen Versuche wurden bei relativ niederer Temperatur angestellt, da es zweckmässig erschien zu versuchen, ob nicht die Diastasewirkung bei möglichst den natürlichen Verhältnissen entsprechender Temperatur gemessen werden könne. Die Erwärmung fand in einem Wasserbade statt, das durch einen Thermoregulator nach Reichert möglichst constant auf 30° C. erhalten wurde, aber mit keiner Rührvorrichtung versehen war.

Es wurde zu den Versuchen benutzt eine 2procentige Stärkelösung und ein Diastaseauszug im Verhältniss 1 : 50.

Versuche bei 30° C. und 24 Stunden digerirt:

100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 1 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . . = 13 mg Cu,
100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 4 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . . = 54 „ „
100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 5 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . . = 76 „ „

Obige Versuche wiederholt mit derselben Diastase und frisch bereiteter Stärkelösung gaben:

100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 1 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . = 10 mg Cu,
100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 2 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . = 17 „ „
100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 4 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . = 32 „ „

Die Versuche wurden bei 30° C. und 48stündigem Digeriren wiederholt mit frisch bereiteten Lösungen von Diastase und Stärke in obigem Verhältniss:

100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 1 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . = 13 mg Cu,
100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 4 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . = 53 „ „
100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 5 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . = 74 „ „

Die bisherigen Versuche stimmten mit dem Kjeldahl'schen Proportionalitätsgesetz nicht genau überein; es wurden deshalb zunächst Versuche gemacht, die prüfen sollten, ob sich bei höherer Temperatur eine grössere Constanz und eine bessere Proportionalität der Resultate erzielen lasse. Unter sonst gleichen Verhältnissen wurden bei 40° C. Versuche angestellt. Die Resultate derselben waren die folgenden:

100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 1 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . = 24 mg Cu,
100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 3 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . = 73 „ „
100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 5 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . = 133 „ „
100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 7 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . = 155 „ „

Versuche mit derselben Diastase, einige Tage später angestellt, unter sonst gleichen Verhältnissen gaben folgendes Resultat:

100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 2 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . = 56 mg Cu,

100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 4 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . = 121 mg Cu,
100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 6 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . = 149 „ „
100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 8 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . = 164 „ „
100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 10 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . = 170 „ „

Bisher wurde gefunden, dass bei allen Temperaturen Unregelmässigkeiten in den Resultaten auftraten, dass dieselben bei kleineren Fermentmengen, also grösserem Stärkevorrath, bei höherer Temperatur relativ geringer wurden, dass aber bei grösseren Fermentmengen das Proportionalitätsgesetz keine Geltung mehr hatte. Die Unregelmässigkeiten, die bei den angestellten Versuchen beobachtet wurden, schienen darnach ihren hauptsächlichsten Ursprung in den Schwankungen der Temperatur zu haben, welche bei dem schlechten Regulator und dem Mangel einer Rührvorrichtung eintreten mussten, und wahrscheinlich auch in der Ungleichmässigkeit der Erwärmung der Diastase vor Eintritt der Tödtungstemperatur.

Zur Erwärmung wurde nun der von Pfeffer beschriebene Thermostat benutzt. Die hierbei erhaltenen Resultate gestalteten sich so constanter. Zur Anwendung kam dabei folgende hier genauer zu beschreibende Methode.

Die Diastase wurde im Allgemeinen in folgender Weise hergestellt:

10 g fein gepulvertes Luftmalz wurden mit 1 l Wasser unter Zusatz von 2 ccm Chloroform sechs Stunden bei 15° C. maceriren lassen. Darauf wurde die Flüssigkeit filtrirt und nun in gut verschlossenen Gefässen unter Zusatz von noch etwas Chloroform im Dunkeln aufbewahrt. Mit ein und derselben Diastaselösung wurden jedes Mal eine Reihe von Versuchen angestellt.

Die Stärkelösung wurde folgendermassen bereitet:

Von einer nach Lintner's Verfahren hergestellten Stärke wurde eine 2procentige Lösung gemacht, indem die betreffende Stärkemenge fünf Minuten mit etwa 10 ccm kaltem Wasser angerührt, darauf 90 ccm kochendes Wasser zugegeben und das

Ganze zwei Minuten im vollen Kochen gelassen wurde. Nach dem Erkalten wurde die Stärkelösung filtrirt, und zu den Versuchen jedes Mal genau 100 ccm resp. 50 ccm abgemessen. Da ein längeres Aufbewahren der Stärkelösung nicht von Vortheil ist, so wurde zu allen Versuchen dieselbe genau nach obigem Verhältniss frisch bereitet.

Die Temperatur wurde durch den Thermostaten bis auf mindestens 0,5° C. genau inne gehalten und dauerte die Erwärmung jedes Mal 24 Stunden.

Zunächst wurden Versuche bei 60° C. angestellt und ergaben folgende Resultate:

Versuche bei 60° C.

100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 1 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . = 10 mg Cu,
100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 2 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . = 22 „ „
100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 4 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . = 44 „ „
100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 5 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . = 60 „ „
100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 7 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . = 68 „ „
100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 8 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . = 78 „ „
100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 10 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . = 79 „ „
100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 12 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . = 79 „ „
100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 14 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . = 98 „ „

Die hierbei auftretenden Schwankungen liessen sich nur noch dadurch erklären, dass die Temperatur von 60° C. zu hoch war, d. h. der Temperatur, bei der ein plötzliches Abfallen der Diastasewirkung eintritt (62—63° C.), zu nahe lag. Bei den folgenden Versuchen wurde anstatt bei 60° C. bei nur 55° C. gearbeitet, weil hierbei weniger Gefahr war, die Proben zu hoch zu

erhitzen. Einer der Versuche, bei 55° C. angestellt, ergab folgendes Resultat:

100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 1 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . . = 12 mg Cu,
100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 2 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . . = 25 „ „
100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 3 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . . = 35 „ „
100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 4 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . . = 46 „ „
100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 5 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . . = 54 „ „
100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 8 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . . = 74 „ „
100 ccm Stärkelösung (2procentige) nach Lintner
+ 10 ccm Diastase, davon 25 ccm . . . . . . = 77 „ „

Die Versuchsresultate stimmen mit den Kjeldahl'schen Angaben insofern nicht, als die ungefähre Proportionalität zwischen Diastase und Kupfermenge schon aufhört, wenn erst 10 % Dextrose entstanden sind. Nach Kjeldahl soll die Proportionalität bis zu 30 % Zucker erhalten bleiben. Im Allgemeinen entsprach das Verhältniss zwischen Cu und Diastase unter den angewandten Versuchsbedingungen (55° C., 2procentige Stärkelösung etc.) folgenden Zahlen der Tabelle.

Tabelle über die Beziehung zwischen Kupfermenge und Diastase.

12 mg Cu	=	1	Diastase,	22 mg Cu	=	1,7	Diastase,
13 „ „	=	1,1	„	23 „ „	=	1,8	„
14 „ „	=	1,1	„	24 „ „	=	1,9	„
15 „ „	=	1,2	„	25 „ „	=	2	„
16 „ „	=	1,3	„	26 „ „	=	2,1	„
17 „ „	=	1,4	„	27 „ „	=	2,2	„
18 „ „	=	1,4	„	28 „ „	=	2,3	„
19 „ „	=	1,5	„	29 „ „	=	2,4	„
20 „ „	=	1,6	„	30 „ „	=	2,5	„
21 „ „	=	1,7	„	31 „ „	=	2,6	„

32 mg	Cu	=	2,7	Diastase,	62 mg	Cu	=	6,1	Diastase,
33 „	„	=	2,8	„	63 „	„	=	6,3	„
34 „	„	=	2,9	„	64 „	„	=	6,5	„
35 „	„	=	3	„	65 „	„	=	6,7	„
36 „	„	=	3,1	„	66 „	„	=	6,9	„
37 „	„	=	3,2	„	67 „	„	=	7,2	„
38 „	„	=	3,3	„	68 „	„	=	7,4	„
39 „	„	=	3,5	„	69 „	„	=	7,6	„
40 „	„	=	3,6	„	70 „	„	=	7,8	„
41 „	„	=	3,7	„	71 „	„	=	8	„
42 „	„	=	3,8	„	72 „	„	=	8,3	„
43 „	„	=	3,9	„	73 „	„	=	8,6	„
44 „	„	=	4	„	74 „	„	=	8,9	„
45 „	„	=	4,1	„	75 „	„	=	9,2	„
46 „	„	=	4,2	„	76 „	„	=	9,5	„
47 „	„	=	4,3	„	77 „	„	=	9,8	„
48 „	„	=	4,5	„	78 „	„	=	10,1	„
49 „	„	=	4,6	„	79 „	„	=	10,4	„
50 „	„	=	4,7	„	80 „	„	=	10,7	„
51 „	„	=	4,8	„	81 „	„	=	11	„
52 „	„	=	4,9	„	82 „	„	=	11,3	„
53 „	„	=	5	„	83 „	„	=	11,7	„
54 „	„	=	5,1	„	84 „	„	=	12,1	„
55 „	„	=	5,2	„	85 „	„	=	12,5	„
56 „	„	=	5,3	„	86 „	„	=	13	„
57 „	„	=	5,5	„	87 „	„	=	13,6	„
58 „	„	=	5,6	„	88 „	„	=	14,1	„
59 „	„	=	5,7	„	89 „	„	=	14,8	„
60 „	„	=	5,9	„	90 „	„	=	16	„
61 „	„	=	6	„	91 „	„	=	17	„

Die Abweichungen bei diesen Versuchen betrugen ± 2 mg Cu. Es können alle diesen Differenzen entsprechende kleine Schwankungen nicht mehr mit Sicherheit gemessen werden. Werden z. B. 1,5 Diastase gefunden, so kann das Resultat sowohl noch 1,4 als 1,7 entsprechen. Werden 12,1 Diastase gefunden, so könnte das Resultat in Wahrheit noch 11,3 und 13,0 sein.

Um zu sehen, ob nicht die Tödtung zweckmässiger durch Kalilauge geschehen könne, wurden folgende Versuche ausgeführt.

Zu einer 2procentigen Lintner'schen Stärkelösung wurde 5% Kalilauge in verschiedener Menge zugegeben. Die Flüssigkeit wurde gut durchgeschüttelt, darauf die bestimmte Diastasemenge zugegeben und dann das Ganze einer 24stündigen Digeration bei 55° C. ausgesetzt. Anderentheils wurde eine gleiche Menge Lintner'scher Stärkelösung mit Zusatz einer gleichen Diastasemenge, wie oben, 24 Stunden digerirt und dann sofort 1, resp. 2 ccm Kalilauge zugesetzt. Und drittens wurde eine gleiche Menge Stärkelösung mit einer gleichen Diastasemenge, wie oben, 24 Stunden digerirt, jetzt aber statt sie mit Kalilauge zu versetzen, schnell aufgekocht.

I. Versuchsreihe.

1. 100 ccm Stärkelösung (2procentige) + 1 ccm KOH, dieselbe vor dem 24stündigen Digeriren zugesetzt, + 10 ccm Diastase, das Ganze dann 24 Stunden digerirt,
   25 ccm davon gaben = 11 mg Cu.
2. 100 ccm Stärkelösung (2procentige) + 10 ccm Diastase, 24 Stunden digerirt und dann 1 ccm KOH zugesetzt,
   25 ccm davon gaben = 175 mg Cu.
3. 100 ccm Stärkelösung (2procentige) + 10 ccm Diastase, 24 Stunden digerirt und dann das Ganze schnell aufgekocht,
   25 ccm davon gaben = 149 mg Cu.
4. 100 ccm Stärkelösung (2procentige) + 2 ccm KOH, dieselbe vor dem 24stündigen Digeriren zugesetzt + 10 ccm Diastase, das Ganze dann 24 Stunden digerirt,
   25 ccm davon gaben = 32 mg Cu.

II. Versuchsreihe.

1. 100 ccm Stärkelösung (2procentige) + 1 ccm KOH, dieselbe vor dem 24stündigen Digeriren zugesetzt, + 10 ccm Diastase, das Ganze dann 24 Stunden digerirt,
   25 ccm davon gaben = 13 mg Cu.
2. 100 ccm Stärkelösung (2procentige) + 10 ccm Diastase, 24 Stunden digerirt und dann 1 ccm KOH zugesetzt,
   25 ccm davon gaben = 149 mg Cu.

3. 100 ccm Stärkelösung (2procentige) + 10 ccm Diastase, 24 Stunden digerirt und dann das Ganze schnell aufgekocht,
25 ccm davon gaben = 136 mg Cu.
4. 100 ccm Stärkelösung (2procentige) + 2 ccm KOH, dieselbe vor dem 24stündigen Digeriren zugesetzt, + 10 ccm Diastase, das Ganze 24 Stunden digerirt,
25 ccm davon gaben = 28 mg Cu.

Wenngleich diese Versuchsreihen als abgeschlossen keineswegs zu betrachten sind, so deuten doch die erhaltenen Resultate darauf hin, dass durch Kalilauge die Diastasewirkung sofort geschwächt, aber keineswegs sofort völlig sistirt wird. Bemerkenswerth bei obigen Versuchsreihen ist die Thatsache, dass die erhaltene Kupfermenge auf Zusatz von 2 ccm KOH nach 24stündigem Digeriren eine grössere ist, als die mit Zusatz von 1 ccm KOH. Andererseits ist aber auffallend, dass nach 24stündigem Digeriren und darauf erfolgtem Zusatze von 1 ccm KOH die erhaltene Kupfermenge grösser ist, als die des Versuchs mit nachherigem Aufkochen. Nach letzteren Resultaten wäre anzunehmen, dass der Zusatz von Kalilauge nach 24stündigem Digeriren noch ein rapides Steigen der Diastasewirkung hervorruft und dann erst die Diastase tödtet.

Da die durch Aufkochen nach 24stündigem Digeriren erhaltenen Resultate bei weitem übereinstimmender lauteten, so wurde die Tödtung bei den weiteren Versuchen wieder durch Kochen herbeigeführt.

Um zu entscheiden, ob Chloroform von wesentlichem Einfluss auf die Wirksamkeit der Diastase sei, wurden einige Versuche angestellt.

1. 100 ccm Stärkelösung (2procentige) + 5 ccm Diastase + 15 ccm destillirtes Wasser, das Ganze 24 Stunden digerirt und dann sofort aufgekocht,
25 ccm davon gaben = 135 mg Cu.
2. 100 ccm Stärkelösung (2procentige) + 5 ccm Diastase + 5 ccm Chloroform + 10 ccm destillirtes Wasser, 24 Stunden digerirt und dann aufgekocht,
25 ccm davon gaben = 138 mg Cu.

3. 100 ccm Stärkelösung (2 procentige) + 6 ccm Diastase + 14 ccm destillirtes Wasser, 24 Stunden digerirt und dann aufgekocht, 25 ccm davon gaben = 146 mg Cu.
4. 100 ccm Stärkelösung (2 procentige) + 6 ccm Diastase + 5 ccm Chloroform + 9 ccm destillirtes Wasser, 24 Stunden digerirt und dann aufgekocht,
25 ccm davon gaben = 144 mg Cu.

Es stellte sich also heraus, dass der Chloroformzusatz keine wesentliche Aenderung des Resultates erzeugte.

Einfluss des Lichtes.

Da gewöhnlich mit der diastasehaltigen Lösung bei Licht operirt wird, wurde auch untersucht, welchen Einfluss das Licht auf die Diastase hat.

Zu dem Zwecke bereitete ich mir zunächst eine grössere Menge Diastaselösung im Verhältniss 1 : 100 und theilte dieselbe in vier gleiche Portionen mit Zusatz von einigen Tropfen Chloroform. Die erste Portion (No. I) liess ich sofort auf 2 procentige Stärkelösung 24 Stunden einwirken. No. II bewahrte ich mehrere Wochen in einem dunklen Raume auf und nahm von Zeit zu Zeit eine aequivalente Menge, die ich dann wieder auf 2 procentige Stärkelösung 24 Stunden einwirken liess. No. III bewahrte ich bei mittlerer Zimmerbeleuchtung auf, und No. IV stellte ich an ein Fenster, so dass die Diastase zeitweise direct von der Sonne beleuchtet wurde.

I. Versuchsreihe.

No. I. 100 ccm Stärkelösung (2 procentige) + 5 ccm frischer Diastase, 24 Stunden digerirt und dann aufgekocht,
25 ccm davon gaben = 126 mg Cu.

No. II. 100 ccm Stärkelösung (2 procentige) + 5 ccm Diastase, die drei Wochen gestanden, 24 Stunden digerirt und dann aufgekocht,
25 ccm davon gaben = 68 mg Cu.

No. III. 100 ccm Stärkelösung (2procentige) + 5 ccm Diastase, die drei Wochen gestanden, 24 Stunden digerirt und dann aufgekocht,
25 ccm davon gaben = 61 mg Cu.

No. IV. 100 ccm Stärkelösung (2procentige) + 5 ccm Diastase, die drei Wochen gestanden, 24 Stunden digerirt und dann aufgekocht,
25 ccm davon gaben = 53 mg Cu.

II. Versuchsreihe.

No. II. 100 ccm Stärkelösung (2procentige) + 5 ccm Diastase, die sechs Wochen gestanden, 24 Stunden digerirt und dann aufgekocht,
25 ccm davon gaben = 31 mg Cu.

No. III. 100 ccm Stärkelösung (2procentige) + 5 ccm Diastase, die sechs Wochen gestanden, 24 Stunden digerirt und dann aufgekocht,
25 ccm davon gaben = 27 mg Cu.

No. IV. 100 ccm Stärkelösung (2procentige) + 5 ccm Diastase, die sechs Wochen gestanden, 24 Stunden digerirt und dann aufgekocht,
25 ccm davon gaben = 6 mg Cu.

Nach diesen Versuchen lässt sich annehmen, dass die Diastasewirkung durch zerstreutes Licht nur wenig, hingegen durch grelles Tageslicht erheblich herabgesetzt wird, dass aber die Diastaselösungen auch beim Stehen im Dunkeln an Wirksamkeit abnehmen. In einem Tage würde also die Wirksamkeit einer Diastaselösung von der Wirkung 100 im Dunkeln ungefähr um 1,6, im Sonnenlicht um 2,5 sinken. Es ist also auf dieses Resultat Rücksicht zu nehmen. —

Den hauptsächlichsten Gesichtspunkten des Problems entsprechend, hat Herr Prof. Meyer eine Reihe von Fragen gestellt, deren Beantwortung ich in dem folgenden gebe. Ich knüpfe an die Resultate zugleich die wichtigsten Schlüsse und setze dieselben mit dem bisher bekannt gewordenen in Verbindung. Selbstverständlich wurde zu allen Versuchen die gleiche Maissorte

verwendet und da, wo es nöthig schien, noch gleichartige Früchte ausgelesen. Die Bestimmung des Diastasegehaltes der verschiedenen Theile des Samens u. s. w. wurde in der früher angegebenen Weise bei 55° C. und einer Digerationsdauer von 24 Stunden ausgeführt. Die zu prüfende Substanz wurde vor dem Digeriren stets zu 50 ccm 2procentiger Lösung von Lintner's Stärke gesetzt, nach dem Digeriren aufgekocht und auf 100 ccm aufgefüllt. Von dieser Flüssigkeit wurden dann stets 25 ccm zur Zuckerbestimmung benutzt. Die erhaltene Kupfermenge musste dabei innerhalb der Grenzen von 1 bis 90 mg Cu bleiben, und wurde aus der Kupfermenge dann die Diastasemenge nach der „Tabelle über die Beziehung zwischen Kupfermenge und Diastase" berechnet.

Frage I:

Wie verhält sich der Diastasegehalt des Embryo und des Schildchens zu dem Diastasegehalt des Endosperms des ruhenden Samens, der zwei Tage in Wasser gelegen hatte?

Maisfrüchte wurden zwei Tage quellen lassen, dann wurden die Embryonen vom Endosperme befreit, das Schildchen vom übrigen Embryo getrennt und die drei Theile einzeln in frischem Zustande gewogen. Hierauf wurden sie in der Weise getödtet, dass sie einen Tag unter einer Glasglocke, die von Chloroformdampf angefüllt war, gelegt wurden. Schliesslich wurden sie bei gewöhnlicher Temperatur über Schwefelsäure sechs Tage getrocknet, zerrieben und darauf nochmals drei Tage über Schwefelsäure getrocknet und gewogen. Zugleich wurde das absolute Trockengewicht bestimmt, indem eine abgewogene gut zerriebene Menge von obigen drei Portionen $^1/_2$ Stunde im Trockenschrank auf 105° C. erhitzt, nach dem Erkalten gewogen, nochmals auf 105° C. erhitzt und wieder gewogen wurde bis zum constanten Gewichte.

[illegible]lutes Trockengewicht bei 105° C.

Embryonen = 0,096 g Embryonen,
Schildchen = 0,937 g Schildchen,
Endosperm = 0,942 g Endosperm.

Versuch 1.

50 Embryonen ohne Schildchen wogen in frischem Zustande . . . . 0,873 g,
dieselben über Schwefelsäure getrocknet wogen . 0,215 „
dieselben bei 105° C. getrocknet wogen . . . 0,2 „

50 Schildchen wogen in frischem Zustande . . . 4,215 g,
dieselben über Schwefelsäure getrocknet wogen . 1,602 „
dieselben bei 105° C. getrocknet wogen . . . . 1,45 „

50 Endosperme wogen in frischem Zustande . . . 26,531 g,
dieselben über Schwefelsäure getrocknet wogen . 16,150 „
dieselben bei 105° C. getrocknet wogen . . . . 15,1 „

1a) 0,05 getrocknete Embryonen vor dem Digeriren mit 10 ccm Wasser aufgekocht, zu 50 ccm Stärkelösung gesetzt, nach dem Digeriren aufgekocht und auf 100 ccm aufgefüllt,
25 ccm davon gaben = 14 mg Cu.

1b) 0,05 getrocknete Embryonen + 50 ccm Stärkelösung, 24 Stunden digerirt, dann aufgekocht und auf 100 ccm aufgefüllt,
25 ccm davon gaben = 17 mg Cu
obige 14 mg hiervon abgezogen 14 mg Cu
25 ccm = 3 mg Cu = 0,3 Diastase.

2a) 0,1 getrocknete Schildchen vor dem Digeriren mit 10 ccm Wasser aufgekocht, dann mit 50 ccm Stärkelösung digerirt, darauf aufgekocht und auf 100 ccm aufgefüllt,
25 ccm davon gaben = 17 mg Cu.

2b) 0,1 getrocknete Schildchen + 50 ccm Stärkelösung 24 Stunden digerirt, dann aufgekocht und auf 100 ccm aufgefüllt,
25 ccm davon gaben = 54 mg Cu
obige 17 mg hiervon abgezogen 17 mg Cu
25 ccm = 37 mg Cu = 3,2 Diastase.

3a) 1 g getrocknetes Endosperm mit 10 ccm Wasser aufgekocht, darauf mit 50 ccm Stärkelösung digerirt, aufgekocht und auf 100 ccm aufgefüllt, 25 ccm davon gaben = 29 mg Cu.

3b) 1 g getrocknetes Endosperm mit 50 ccm Stärkelösung digerirt, aufgekocht und auf 100 ccm aufgefüllt,

25 ccm davon gaben = 58 mg Cu,
obige 29 mg hiervon abgezogen 29 „ „

25 ccm = 29 mg Cu = 2,4 Diastase.

Getrocknet neun Tage über Schwefelsäure.

1 g getrockneter Embryo ohne Schildchen . .	= 0,24 g Cu	=	24	Diastase,
1 „ getrocknete Schildchen .	= 1,48 „ „	=	128	„
1 „ getrocknetes Endosperm	= 0,116 „ „	=	9,6	„
1 „ ganzer Embryo . . .	= 1,33 „ „	=	115,6	„

Bei 105° getrocknet.

1 g getrockneter Embryo ohne Schildchen . .	= 0,26 g Cu	=	26	Diastase,
1 „ getrocknete Schildchen .	= 1,55 „ „	=	134	„
1 „ getrocknetes Endosperm .	= 0,123 „ „	=	10,1	„

Im frischen Zustande.

1 g Embryo ohne Schildchen	= 0,059 g Cu	=	5,9	Diastase,
1 „ Schildchen	= 0,562 „ „	=	48,6	„
1 „ Endosperm	= 0,071 „ „	=	5,8	„
1 „ ganzer Embryo . . .	= 0,474 „ „	=	41,2	„

Versuch 2.

Zum Vergleiche können die Resultate des folgenden, sich nur auf schildchenfreien Embryo und Endosperm beziehenden Versuches benutzt werden, bei welchem das Einquellen nicht unter ganz den gleichen Temperaturverhältnissen, jedoch auch genau zwei Tage durchgeführt worden war.

100 Embryonen ohne Schildchen wogen in frischem Zustande . . . . 1,115 g,
dieselben über Schwefelsäure getrocknet . . . 0,331 „

100 Endosperme wogen in frischem Zustande . . . 41,25 g,
dieselben über Schwefelsäure getrocknet . . . 33,92 „

1 a) 0,16 g getrocknete Embryonen ohne Schildchen wurden vor dem Digeriren mit 10 ccm Wasser aufgekocht, zu 50 ccm Stärkelösung gesetzt und die Versuchsflüssigkeit nach dem Digeriren aufgekocht und auf 100 ccm aufgefüllt,

25 ccm davon gaben = 12 mg Cu,

25 ccm der reinen Stärkelösung ergab ebenfalls 12 mg Cu, so dass die Embryonen zuckerfrei waren.

1 b) 0,16 g getrocknete Embryonen ohne Schildchen + 50 ccm Stärkelösung digerirt, dann aufgekocht und auf 100 ccm aufgefüllt,

25 ccm davon gaben = 28 mg Cu,
obige 12 mg abgezogen = 12 mg „
demnach 25 ccm = 16 mg Cu = 1,3 Diastase.

2 a) 50 ccm Stärkelösung + 1 g getrocknetes Endosperm, letzteres vor dem Digeriren mit 10 ccm Wasser aufgekocht, das Ganze nach 24stündigem Digeriren aufgekocht und auf 100 ccm aufgefüllt, 25 ccm davon gaben = 21 mg Cu.

2 b) 50 ccm Stärkelösung + 1 g getrocknetes Endosperm digerirt, dann aufgekocht und auf 100 ccm aufgefüllt,

25 ccm davon gaben = 60 mg Cu,
obige 21 mg Cu abgezogen = 21 mg „
25 ccm = 39 mg Cu = 3,5 Diastase.

Darnach lieferten:

1 g getrockneter Embryo ohne Schildchen	= 0,385 g Cu	= 31	Diastase,
1 „ frischer Embryo ohne Schildchen	= 0,114 „ „	= 9,2	„
1 „ getrocknetes Endosperm .	= 0,156 „ „	= 14	„
1 „ frisches Endosperm . .	= 0,125 „ „	= 11,2	„

Die Trocknung der Organe bei 105° C. hat keine besondere Bedeutung für die Resultate. Es genügt, wenn alle Organe zehn Tage bei gewöhnlicher Temperatur über Schwefelsäure getrocknet werden. Es wurden deshalb in der Folge, wenn nichts anderes angegeben ist, die Organe nur zehn Tage über Schwefelsäure getrocknet, dann pulverisirt und nochmals einen Tag über Schwefelsäure getrocknet.

Es geht im Allgemeinen aus den bisherigen Resultaten hervor, dass der Diastasereichthum des lebenden Schildchens im Ruhezustande ungefähr neunmal so gross ist als der des Endosperms. Bei eintretender Quellung könnte also sofort der Embryo durch Abgabe der Diastase Stärke in den angrenzenden Zellen in Lösung bringen, ehe das Endosperm selbst kräftig in Action ist. Der vom Schildchen befreite Embryo enthält fast ebenso viel Diastase als das Endosperm.

Das Endosperm ist noch relativ arm an Diastase, enthielt im Mittel 8,5 Diastase.

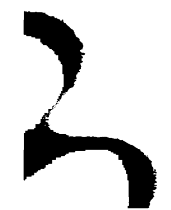
Der relative Reichthum des Schildchens an Diastase kommt auch in dem folgenden, wenig exacten Resultate eines Versuches von Grüss zum Ausdrucke (Grüss I, p. 287):

Samen vier bis fünf Tage eingequellt, Theile getrocknet.
Endosperm 13,12 g, Spuren von Zucker
Aleuronschicht 2,47 g, Spuren von Zucker
Schildchen 2,64 g, beträchtliche Mengen von Zucker.

Vielleicht ist es nicht unzweckmässig, wenn ich hier die Zahlen einfüge, die Brown und Morris (I, p. 507) für unreife und reife Gerstenfrüchte fanden. Sie zeigen, dass die unreifen Gerstenfrüchte schon Diastase enthalten, dass der Gehalt beim Reifen zunimmt, in den reifen Früchten stark sinkt und bei der Keimung ziemlich erheblich wächst. Es entspricht dieses Verhalten der Thatsache, dass die wachsenden Endosperme Diastase zur periodischen Lösung der Stärkekörner brauchen, und dass bei der Reife die Stärkelösung sistirt wird.

100 Früchte	mit halb	entwickeltem Endosperm	8,8 g	CuO,
„ „	„ zweidrittel	„ „	15,7 „	„
„ „	„ völlig	„ „	19,3 „	„
„ „	im ausgereiften Zustande		5,0 „	„
„ „	sieben Tage nach Beginn der Keimung		27,4 „	„

Dass während der Keimung der Diastasegehalt der Gerste langsam zunimmt, geht aus Kjeldahl's (I, p. 138) Versuchen hervor, die ich in der Weise umrechnete, dass ich den Fermentgehalt des sieben Tage in Keimung begriffenen Gersten-Samens = 27,4 setzte, um die Resultate mit denen von Brown und Morris in Einklang zu bringen.



1. Tag 8,7 — 2. Tag 9,1 — 3. Tag 9,96 — 4. Tag 13,7 — 5. Tag 18,7 — 6. Tag 23,6 — 7. Tag 27,4. —

Die nächsten Versuche sollen vorzüglich prüfen, wie sich die verschiedenen Theile der Frucht, bezüglich der Steigerung des Diastasegehaltes bei der Keimung, verhalten.

Frage II:

Wie verhalten sich dieselben Organtheile nach fünf- und zehntägiger Keimung, von dem Tage an gerechnet, wo der Keim eben heraustritt?

Maisfrüchte wurden wiederum zwei Tage quellen gelassen, sodann mit Sublimatwasser (1 : 1000) sorgfältigst abgespült und mit sterilisirtem Wasser vollkommen vom Sublimate befreit. Die sterilisirten Früchte wurden sofort auf sterile Gaze gelegt, die gerade noch in ein Gefäss Wasser hineintauchte, welches durch dreimaliges halbstündiges Aufkochen in Intervallen von je einem Tag sterilisirt worden war. Das Ganze stand unter einer Glasglocke, auf einem mit Sublimatwasser gefüllten Porzellanteller, in einem Zimmer, dessen Tages- und Nachttemperatur ständig 12—20° C. betrug, und wurde so fünf, resp. zehn Tage im Dunkeln stehen gelassen.

Versuch 3.

Die Grössenverhältnisse nach fünftägiger Keimung waren folgende:

Länge der grössten Wurzel . .	9,6 cm,
im Durchschnitt	7,1 „
kleinste Wurzel	5 „
Länge des grössten Blattorganes	6,6 „
im Durchschnitt	4,7 „
kleinstes Blattorgan	2,5 „

1.	20 Endosperme in frischem Zustande wogen . . .	9,03 g,
	dieselben getrocknet	5,788 „
2.	Epithele von 20 Schildchen in frischem Zustande wogen	0,13 g,
	dieselben getrocknet	0,102 „
3.	20 Schildchen ohne Epithel in frischem Zustande .	1,32 g,
	dieselben getrocknet	0,577 „

4. Die Blattorgane von 20 Embryonen wogen in frischem
 Zustande . . . . 3,95 g,
 dieselben getrocknet . . . . 0,452 „

5. Die Wurzeln von 20 Embryonen wogen in frischem
 Zustande . . . . 1,92 g,
 dieselben getrocknet . . . . 0,218 „

1. 0,02 g getrockn. Endosperm nach dem 24 stündigen Digeriren aufgekocht, 25 ccm = 38 mg Cu,
 0,02 g getrockn. Endosperm vor dem 24 stündigen Digeriren aufgekocht, 25 „ = 10 „ „
 25 ccm = 28 mg Cu = 2,3 Diastase,
 also 0,02 g getrocknetes Endosperm = 112 mg Cu = 9,2 Diastase.

2. 0,01 g getrocknetes Epithel nach dem 24 stündigen Digeriren aufgekocht, 25 ccm = 64 mg Cu,
 0,01 g getrocknetes Epithel vor dem 24 stündigen Digeriren aufgekocht, 25 „ = 12 „ „
 25 ccm = 52 mg Cu = 4,9 Diastase,
 also 0,01 g getrocknetes Epithel = 208 mg Cu = 19,6 Diastase.

3. 0,02 g getrocknetes Schildchen ohne Epithel nach dem 24 stündigen Digeriren aufgekocht, 25 ccm = 103 mg Cu,
 0,02 g getrocknetes Schildchen ohne Epithel vor dem 24 stündigen Digeriren aufgekocht, 25 „ = 24 „ „
 25 ccm = 79 mg Cu = 10,4 Diastase,
 also 0,02 g getrockn. Schildchen ohne Epithel = 316 mg Cu = 41,6 Diastase.

4. 0,05 g getrockn. Blattorgan nach dem 24 stündigen Digeriren aufgekocht, 25 ccm = 48 mg Cu,
 0,05 g getrockn. Blattorgan vor dem 24 stündigen Digeriren aufgekocht, 25 „ = 10 „ „
 25 ccm = 38 mg Cu = 3,3 Diastase,
 also 0,05 g getrocknetes Blattorgan = 152 mg Cu = 13,2 Diastase.

5. 0,05 g getrocknete Wurzel nach dem 24 stündigen Digeriren aufgekocht, 25 ccm = 52 mg Cu,
 0,05 g getrocknete Wurzel vor dem 24 stündigen Digeriren aufgekocht, 25 „ = 10 „ „
 25 ccm = 42 mg Cu = 3,8 Diastase,
 also 0,05 g getrocknete Wurzel = 168 mg Cu = 15,2 Diastase.

Darnach lieferten:

1.	1 g getrocknetes Endosperm	= 5,6 g Cu	= 460	Diastase,
2.	1 „ getrocknete Epithel .	= 20,8 „ „	= 1960	„
3.	1 „ getrocknete Schildchen ohne Epithel . . .	= 15,8 „ „	= 2080	„
4.	1 „ getrocknetes Blattorgan	= 3,04 „ „	= 264	„
5.	1 „ getrocknete Wurzel . .	= 3,36 „ „	= 304	„
6.	1 „ ganzer getrockneter Embryo	= 9,89 „ „	= 1175,3	„

1.	1 g frisches Endosperm . .	= 3,5 g Cu	= 287	Diastase,
2.	1 „ frisches Epithel . . .	= 16,3 „ „	= 1536	„
3.	1 „ frisches Schildchen ohne Epithel	= 6,9 „ „	= 908	„
4.	1 „ frisches Blattorgan . .	= 0,168 „ „	= 30,2	„
5.	1 „ frische Wurzel . . .	= 0,381 „ „	= 34,5	„
6.	1 „ frischer ganzer Embryo	= 1,822 „ „	= 298	„
7.	1 „ frischer Embryo ohne Schildchen . .		= 31,5	„
8.	1 „ frisches Schildchen		= 965	„
9.	1 „ ganze, gekeimte Frucht		= 283	„

Versuch 3a.

Derselbe Versuch wurde wiederholt, jedoch ging dabei das Schildchen verloren, so dass nur die anderen Theile des Samens zum Vergleich herangezogen werden konnten.

Die Grössenverhältnisse nach fünftägiger Keimung waren folgende:

Länge der grössten Wurzel . . 8,5 cm,
im Durchschnitt . . . . . 6,2 „
kleinste Wurzel . . . . . 4,8 „

Länge des grössten Blattorganes 9,1 cm,
im Durchschnitt . . . . . 6,3 „
kleinstes Blattorgan . . . . 5,1 „

15 Endosperme wogen in frischem Zustande . . 6,55 g,
dieselben getrocknet . . . . 3,87 „
Die Blattorgane von 15 Embryonen wogen frisch 4,86 g,
dieselben getrocknet . . . . 0,752 „

Die Wurzeln von 18 Embryonen wogen frisch . 1,46 g,
dieselben getrocknet . . . . 0,26 „

0,05 g getrockn. Endosperm nach dem
Digeriren aufgekocht, 25 ccm = 106 mg Cu,
0,05 g getrockn. Endosperm vor dem
Digeriren aufgekocht, 25 „ = 20 „ „

25 ccm = 86 mg Cu = 13,0 Diastase,
also 0,05 g getrocknetes Endosperm = 344 mg Cu = 52,0 Diastase.

0,05 g getrocknete Plumula nach dem
Digeriren aufgekocht, 25 ccm = 86 mg Cu,
0,05 g getrocknete Plumula vor dem
Digeriren aufgekocht, 25 „ = 25 „ „

25 ccm = 61 mg Cu = 6,0 Diastase,
also 0,05 g getrocknete Plumula = 244 mg Cu = 24,0 Diastase.

0,05 g getrocknete Wurzel nach dem
Digeriren aufgekocht, 25 ccm = 42 mg Cu,
0,05 g getrocknete Wurzel vor dem
Digeriren aufgekocht, 25 „ = 24 „ „

25 ccm = 18 mg Cu = 1,4 Diastase,
also 0,05 g getrocknete Wurzel = 072 mg Cu = 5,6 Diastase.

Darnach lieferten:

1 g getrocknetes Endosperm	= 6,88	g Cu	= 1040	Diastase,
1 „ getrocknete Plumula .	= 4,88	„ „	= 480	„
1 „ getrocknete Wurzel . .	= 1,44	„ „	= 112	„
1 „ trockener Embryo ohne Schildchen	= 3,99	„ „	= 384,0	„
1 g frisches Endosperm . .	= 4,06	„ „	= 614	„
1 „ frische Plumula . . .	= 0,755	„ „	= 74,2	„
1 „ frische Wurzel . . .	= 0,332	„ „	= 20	„



1 g Schildchen	=	965 Diastase,
1 „ Embryo ohne Schildchen . .	=	31,5 „
1 „ Epithel	=	1536 „
1 „ Schildchen ohne Epithel . . .	=	908 „
1 „ Blätter und Kotyledonarscheide	=	30,2 „
1 „ Wurzel	=	34,5 „

Versuch 3a.

Frische Organe.

1 g Endosperm	=	614 Diastase,
1 „ Embryo ohne Schildchen . .	=	61,6 „
1 „ Blätter und Kotyledonarscheide	=	74,2 „
1 „ Wurzel	=	20 „

Vergleicht man zuerst die Resultate von 3 und 3a miteinander, so zeigt es sich, dass der Diastasegehalt des Endosperms unter etwas wechselnden Verhältnissen relativ stark schwanken kann; denn wir haben im Endosperm einmal 287 Diastase, das andere Mal 614 Diastase gefunden. Ebenso haben wir für Embryo ohne Schildchen 31,5 und 61,6 gefunden, und ähnlich verhält es sich für die anderen Organe. Trotzdem tritt in beiden Versuchen scharf hervor, dass das Endosperm viel mehr Diastase enthält als der Embryo ohne Schildchen, etwa zehnmal soviel, und dass der Diastasegehalt aller Theile der Frucht stark zugenommen hat.

Vergleichen wir die Resultate des Versuches 3 mit denen des Versuches 1, so sehen wir, dass das Endosperm jetzt fast 50 Mal soviel Diastase enthält als vor der Keimung, das Schildchen etwa 20 Mal mehr. Aus dem Versuche 3 geht dann hervor, dass die allergrösste Menge des Fermentes in dem Ephitel angehäuft ist; es ist fünfmal reicher an Diastase als das Endosperm und 50 Mal wirksamer als die Wurzeln und Blätter. Man kann also zuerst sagen, dass mit der Energie des Stärkeumsatzes im Samen auch die Menge der Diastase in allen Organen wächst. Was dann das Verhältniss von Endosperm und Schildchen anbelangt, so ist ja im Allgemeinen hier wie im Versuch mit den noch ungekeimten Samen sicher, dass das Schildchen reicher an Diastase ist als das Endosperm. Auf-

fallend ist dabei, dass vor der Keimung das Schildchen ungefähr acht Mal soviel Diastase enthielt als das Endosperm, nach der Keimung dreimal so viel.

Sicher ist also die Möglichkeit, dass das Schildchen Diastase an das Endosperm abgeben kann. Angesichts des grossen Reichthums des Epithels an Diastase (1536) gegenüber dem Endosperm (287) kann man sich von vornherein des Eindrucks nicht erwehren, als sei das Epithel das Gewebe, welches die Diastase hauptsächlich oder allein producire.

Zuletzt will ich noch einen Versuch von Grüss (I, p. 288) anführen, aus welchem wenigstens so viel hervorgeht, dass das Schildchen relativ reich an Diastase ist. 20 Keimpflanzen mit 6—8 cm langem Stengel lieferten Glycerinextracte von folgendem relativen Reductionsvermögen:

Schildchen . . 0,177,
Aleuronschicht 0,09,
Endosperm . . 0,084.

Darnach könnte man auch schliessen, dass die Aleuronschicht sehr reich an Diastase sei, wenn nicht die früher angegebenen Bedenken gegen die Methode hier auch Geltung hätten. Wie wir sehen, zeigt uns der nächste Versuch soviel, dass nach zehntägiger Keimung die Verhältnisse sich nicht wesentlich geändert haben, jedenfalls nicht so, dass sie bei den individuellen Schwankungen genau definirt werden könnten.

Verhalten der Maisfrüchte nach zehntägiger Keimung.

Versuch 4.

Grössenverhältnisse der einzelnen Organe:

Länge der grössten Wurzel . . 18 cm,
mittlere Grösse . . . . . 14 „
kleinste Wurzel . . . . . 11 „

Länge des grössten Blattorganes 10,5 cm,
mittlere Grösse . . . . . 7,5 „
kleinstes Blattorgan . . . . 6,0 „

18 Endosperme wogen in frischem Zustande . . 7,25 g,
dieselben getrocknet . . . . 4,085 „

Die Blattorgane von 18 Embryonen wogen frisch 7,65 g,
dieselben getrocknet . . . . 4,085 „

Die Wurzeln von 18 Embryonen wogen frisch . 1,46 g,
dieselben getrocknet . . . . 0,26 „

0,05 g getrockn. Endosperm nach dem Digeriren aufgekocht,	25 ccm = 92 mg Cu,
0,05 g getrockn. Endosperm vor dem Digeriren aufgekocht,	25 „ = 13 „ „
	25 ccm = 79 mg Cu = 10,4 Diastase.
0,05 g getrocknete Plumula nach dem Digeriren aufgekocht,	25 ccm = 38 mg Cu,
0,05 g getrocknete Plumula vor dem Digeriren aufgekockt,	25 „ = 11 „ „
	25 ccm = 27 mg Cu = 2,2 Diastase.
0,05 g getrocknete Wurzel nach dem Digeriren aufgekocht,	25 ccm = 14 mg Cu,
0,05 g getrocknete Wurzel vor dem Digeriren aufgekocht,	25 „ = 9 „ „
	25 ccm = 5 mg Cu = 0,4 Diastase.

Darnach lieferten:

1 g getrocknetes Endosperm .	= 6,32	g Cu	= 832	Diastase,
1 „ getrocknete Plumula . .	= 2,16	„ „	= 176	„
1 „ getrocknete Wurzel . .	= 0,4	„ „	= 32	„
1 „ getrocknet. Embryo ohne Schildchen	= 1,81	„ „	= 147	„
1 g frisches Endosperm . .	= 3,54	g Cu	= 468	Diastase,
1 „ frische Plumula	= 0,29	„ „	= 23,9	„
1 „ frische Wurzel	= 0,071	„ „	= 5,7	„
1 „ frischer Embryo ohne Schildchen	= 0,258	„ „	= 20,9	„

Frage III:

Wächst der Diastasegehalt der verschiedenen Theile fünf bis zehn Tage im Dunkeln kultivirter isolirter Embryonen des Maises, und wie viel

Diastase und reducirende Substanz geben die wachsenden Embryonen an das Wasser ab?

Zur Orientirung in dieser Frage wurde folgender Versuch ausgeführt.

Versuch 5.

Eine grössere Portion Mais wurde zwei Tage quellen gelassen. Die Maiskörner wurden dann zunächst mit Sublimatwasser (1:1000) abgespült und mit sterilisirtem Wasser gut nachgewaschen. Darauf wurden die Embryonen mit sterilen Messern entfernt und sofort auf sterilisirte Gaze gelegt, die gerade noch in ein Gefäss mit sterilem Wasser hineintauchte. Das Gefäss selbst stand abgeschlossen unter einer Glasglocke auf einem Porzellanteller, umspült von Sublimatwasser und wurde im Dunkeln aufbewahrt.

Grössenverhältnisse nach sechs Tagen:

Länge der grössten Plumula 6,1 cm,
im Durchschnitt . . . 5,0 „
kleinste Plumula . . . 2,0 „
Länge der grössten Wurzel 8,1 cm,
im Durchschnitt . . . 4,7 „
kleinste Wurzel . . . 2,6 „

Im Ganzen waren es 20 Embryonen.

2,2 g frische Schildchen wogen getrocknet = 0,662 g
2,35 „ „ Plumula „ „ = 0,32 „
0,805 „ „ Wurzeln „ „ = 0,198 „

Es wurde der Zuckergehalt der Kulturflüssigkeit vor und nach der Inversion festgestellt. Gesammtmenge 200 g.

Zuckermenge bestimmt **vor** der Inversion.

25 ccm des auf 200 ccm gebrachten Kulturwassers gaben . . . . = 75 mg Cu,
die 200 ccm also . . . . = 600 „ „

Zuckermenge bestimmt **nach** der Inversion.

Zu diesem Zwecke wurden 50 ccm der Kulturflüssigkeit versetzt mit drei Tropfen Salzsäure vom specifischen Gewicht 1,11 und $^1/_2$ Stunde auf 100° C. im Wasserbade erwärmt. Nach dem

Erkalten wurde mit Natronlauge neutralisirt und das Ganze auf 200 ccm aufgefüllt,

25 ccm hiervon gaben . . . . . = 21 mg Cu,
die 200 ccm Kulturflüssigkeit also = 672 „ „

Das Wasser, in welches die Embryonen hineintauchten, wurde nach sechs Tagen in einen 200 ccm Kolben gegeben und derselbe zur Marke aufgefüllt. 40 ccm hiervon wurden zu 25 ccm einer 4procentigen Stärkelösung gegeben, 24 Stunden bei 55° C. digeriren lassen, dann sofort aufgekocht und nach dem Erkalten auf 100 ccm aufgefüllt.

a) 25 ccm Stärkelösung (4procentige) + 40 ccm destillirten Wassers, 24 Stunden digerirt, dann aufgekocht und auf 100 ccm aufgefüllt, 25 ccm hiervon = 12 mg Cu.

b) 25 ccm Stärkelösung (4procentige) + 40 ccm des Kulturwassers, 24 Stunden digerirt, aufgekocht und auf 100 ccm aufgefüllt, 25 ccm hiervon = 38 mg Cu.

Von vornherein waren in diesen 25 ccm enthalten an reducirender Substanz, einmal die aus den 25 ccm Stärkelösung stammenden Mengen = 12 mg Cu, ferner die in der Kulturflüssigkeit selbst enthaltene Menge = 30 mg Cu. Es sind hiernach jetzt 4 mg Kupfer weniger gefunden worden. Darnach ist keine Diastase in das Wasser übergegangen.

1. 50 ccm Stärkelösung (2procentige) + 0,02 g getrocknetes Schildchen, vor dem Digeriren aufgekocht, das Ganze 24 Stunden digerirt, dann auf 100 ccm aufgefüllt,

   25 ccm hiervon = 14 mg Cu.

2. 50 ccm Stärkelösung (2procentige) + 0,02 g getrocknetes Schildchen, 24 Stunden digerirt, dann aufgekocht und auf 100 ccm aufgefüllt,

   25 ccm hiervon = 102 mg Cu,
   obige 14 mg abgezogen 14 „ „
   demnach 25 ccm = 88 mg Cu = 14,1 Diastase.

3. 50 ccm Stärkelösung (2procentige) + 0,05 g getrocknete Plumula, vor dem Digeriren mit 5 ccm Wasser aufgekocht, das Ganze dann 24 Stunden digerirt, darauf aufgekocht und auf 100 ccm aufgefüllt,

   25 ccm hiervon = 13 mg Cu.

4. 50 ccm Stärkelösung (2 procentige) + 0,05 g getrocknete Plumula, 24 Stunden digerirt, dann aufgekocht und auf 100 ccm aufgefüllt,

25 ccm hiervon = 73 mg Cu,
obige 13 mg abgezogen 13 „ „
demnach 25 ccm = 60 mg Cu = 5,9 Diastase.

5. 50 ccm Stärkelösung (2 procentige) + 0,05 g getrocknete Wurzel, vor dem Digeriren aufgekocht, das Ganze nach 24-stündigem Digeriren aufgekocht und auf 100 ccm aufgefüllt,

25 ccm hiervon = 14 mg Cu.

6. 50 ccm Stärkelösung (2 procentige) + 0,05 g getrocknete Wurzel, nach dem 24 stündigen Digeriren aufgekocht und dann auf 100 ccm aufgefüllt,

25 ccm hiervon = 92 mg Cu,
obige 14 mg abgezogen 14 „ „
demnach 25 ccm = 78 mg Cu = 10,1 Diastase.

Darnach lieferten:

1 g trocknes Schildchen . .	= 17,6	g Cu	= 2832	Diastase,
1 „ trockne Plumula . . .	= 4,8	„ „	= 472	„
1 „ trockne Wurzel . . .	= 6,24	„ „	= 808	„
1 „ ganzer getrockneter Embryo	= 12,22	„ „	= 1843	„
1 „ trockner Embryo gab an Wasser ab . . .			—	„
1 g frisches Schildchen . .	= 2,28	g Cu	= 849	Diastase,
1 „ frische Plumula . . .	= 0,653	„ „	= 64,2	„
1 „ frische Wurzel	= 1,52	„ „	= 198,7	„
1 „ ganzer frischer Embryo .	= 2,69	„ „	= 406	„

1 „ frischer Embryo gab an Wasser an reducirender Substanz ab:
vor der Inversion . . . 112 mg Cu = 57 mg Dextrose,
nach der Inversion . . 125 „ „ = 63,7 „ „

Das auffallendste Resultat des Versuches 5 ist unbedingt das Fehlen jeder Ausscheidung von Diastase durch die Embryonen. Allerdings ist bei dem Versuche nur die von vier Embryonen eventuell ausgeschiedene Menge Diastase direct gemessen worden, und es wäre möglich, dass die Menge so gering

wäre, dass ihre Wirkung durch die Versuchsfehler verdeckt würde. Zweitens ist hervorzuheben, dass die 20 Embryonen an das Wasser eine Menge von kupferreducirender Substanz abgegeben hatten, welche ungefähr 0,057 g Dextrose gleich kam. Nach der Inversion stieg das Reductionsvermögen auf 0,067 g Dextrosewirkung.

Die Menge der Diastase im Schildchen ist sicher nach 6tägigem Liegen gegenüber der Menge der Diastase im Schildchen des ungekeimten Samens erheblich gestiegen, dagegen wahrscheinlich zurückgeblieben gegenüber dem Diastasegehalte des Schildchens der normal keimenden Samen.

Es ist also sicher, dass die Diastase im Schildchen oder wenigstens im isolirten Embryo selbstständig erzeugt wird. Um zu versuchen, ob vielleicht das Fehlen eines Reizes die Ausscheidung der Diastase verhindert habe, wurde in dem folgenden Experimente versucht, ob Stärke die Schildchen zur Diastasesecretion reizen könne.

Frage IIIa.

Wie verhält sich der Diastasegehalt der verschiedenen Theile der sechs Tage im Dunkeln kultivirten isolirten Embryonen des Maises, wenn man denselben Stärke zur Verfügung stellt, bei gleichzeitigem Vorhandensein von Wasser, und scheiden die Embryonen Diastase aus?

Versuch 5a.

Maisfrüchte wurden wiederum zwei Tage quellen lassen, dann mit Sublimatwasser schnell abgespült und mit sterilisirtem Wasser gut abgewaschen. Darauf wurden die Embryonen mit sterilen Messern entfernt und auf 2 g angefeuchtete sterile Lintner'sche Stärke gelegt. Die Stärke wurde vorher in einem sterilen Kölbchen, das mit Watte verstopft war, zweimal mit Unterbrechung von einem Tage eine Stunde bis 105° C. erwärmt. Das Ganze wurde unter einer Glasglocke sechs Tage im Dunkeln stehen gelassen. Es wurden zur Vergleichung zwei Versuche mit je zwölf Embryonen in der beschriebenen Weise angesetzt. Nach

sechs Tagen wurde die Stärke eines jeden Versuches mit 50 ccm sterilen Wassers in einen 100 ccm Kolben gespült. Die eine Portion wurde sofort aufgekocht und dann 24 Stunden bei 55° C. digeriren lassen, während die andere Portion ebenfalls 24 Stunden bei 55° C. digerirt und darauf erst aufgekocht wurde. Beide Kolben wurden nach dem Erkalten auf 100 ccm aufgefüllt.

No. I. Stärkelösung vor dem Digeriren aufgekocht,
25 ccm gaben = 36 mg Cu.

No. II. Stärkelösung nach dem Digeriren aufgekocht,
25 ccm gaben = 37 mg Cu.

Schildchen, Plumula und Wurzeln wurden von einander getrennt.

Länge der grössten Plumula 6,2 cm,
im Mittel . . . . . . 4,7 „
kleinste . . . . . . 3,4 „

Länge der grössten Wurzel 5,7 cm,
im Mittel . . . . . . 3,8 „
kleinste . . . . . . 2,5 „

Die einzelnen Theile wurden einen Tag in Chloroformdampf gestellt, gewogen, zehn Tage über Schwefelsäure getrocknet und wieder gewogen.

12 Schildchen wogen vor dem Trocknen . . . . . 1,14 g
nach dem Trocknen . . . . 0,398 „

Plumula + Wurzeln von zwölf Embryonen wogen frisch 1,25 g
getrocknet . . . . 0,15 „

1. 50 ccm Stärkelösung (2procentige) + 0,02 g getrocknete Schildchen vor dem Digeriren aufgekocht und nach dem Digeriren auf 100 ccm aufgefüllt,
25 ccm davon = 12 mg Cu.

2. 50 ccm Stärkelösung (2procentige) + 0,02 g getrocknete Schildchen, nach dem Digeriren aufgekocht und dann auf 100 ccm aufgefüllt, 25 ccm davon = 71 mg Cu,
obige 12 mg abgezogen = 12 „ „
25 ccm = 59 mg Cu = 5,7 Diastase.



3. 50 ccm Stärkelösung (2procentige) + 0,05 g getrocknete Plumula + Wurzeln, vor dem Digeriren aufgekocht und nachher auf 100 ccm aufgefüllt,
25 ccm davon = 10 mg Cu.

4. 50 ccm Stärkelösung (2procentige) + 0,05 g getrocknete Plumula + Wurzeln, nach dem Digeriren aufgekocht und dann auf 100 ccm aufgefüllt,
25 ccm davon = 41 mg Cu,
obige 10 mg abgezogen = 10 „ „
25 ccm = 31 mg Cu = 2,6 Diastase.

Darnach lieferten:

1 g trockenes Schildchen . .	= 11,8	g Cu	= 1140	Diastase,
1 „ frisches Schildchen . .	= 4,11	„ „	= 397	„
1 „ getrocknete Plumula + Wurzeln	= 2,48	„ „	= 208	„
1 „ frische Plumula + Wurzeln	= 0,297	„ „	= 25	„
1 „ ganzer getrockn. Embryo	= 9,25	„ „	= 890	„
1 „ ganzer frischer Embryo .	= 2,12	„ „	= 204	„

Der Versuch 5a bestätigt zuerst das, was über den Diastasegehalt des Schildchens von Versuch 5 beobachtet wurde. Ferner zeigt sich auch hier, das grössere Mengen von Diastase nicht ausgeschieden werden, selbst wenn dem Schildchen Stärke geboten wird. Es war allerdings auch hier nur das Excret von drei Embryonen direkt zur Wirkung auf die Stärkelösung gekommen, doch sollte man meinen, dass, wenn die Diastase von drei Schildchen bei dem direkten Versuche ungefähr 350 mg Cu zu geben im Stande ist, die ausgeschiedene Menge der Diastase gross genug sein müsste, um bestimmbar zu werden, um so mehr, als ja das Epithel ungefähr doppelt so reich an Diastase ist als das Gesammtschildchen.

Das letzte Resultat dieser Versuche steht aber durchaus nicht im Einklange mit dem, was andere Autoren gefunden haben. Einmal widersprechen sich manche Angaben, dann sind die Versuche zum Theil ohne die genügende Vorsicht gemacht und alle daher kritisch angreifbar. Van Tieghem (II) und Blozis-zewski (I) zeigten, dass Keimlinge aus Stärkebrei Nahrung

aufnehmen konnten. Grüss stellte Maispflanzen in Stärkekleister und konnte dann Zucker im Kleister nachweisen. Er sagt, ohne Belege anzugeben, dass Keimpflanzen an Wasser Diastase abgäben. Ferner sagt er, wiederum ohne Belege dafür zu geben, dass sowohl intakte Keimpflanzen, als solche, deren Epithel entfernt war, Diastase in einprocentige Stärkelösung ausgeschieden hätten (p. 398). Abgesehen davon, das solche Behauptungen, die nicht durch Zahlen gestützt sind, der Beachtung kaum werth sind, hat Grüss wie van Tieghem und Bloziszewski offenbar die Lösungen nicht steril gehalten und können sie also durch Bakterienwirkung getäuscht worden sein. Ferner hat Grüss nicht beachtet, dass die Embryonen Zucker ausscheiden und sich dadurch wahrscheinlich täuschen lassen, indem er annahm, der Zucker, welcher in den Stärkelösungen auftrat, sei durch ausgeschiedene Diastase gebildet worden. Es ist das um so wahrscheinlicher, als er die Zuckerausscheidung der Keimlinge nirgends erwähnt, sie aber bei Versuchen mit *Mirabilis* (p. 399) besonders betont.

Ganz ähnliche Einwände lassen sich gegen die Versuche von Brown und Morris (I) beibringen. Wenn diese Autoren finden, dass Kleister von den aufgelegten Embryonen angegriffen werde, und dass abgeschnittenes Epithel den Kleister angreift, so könnten Bakterien im Spiele gewesen sein, oder es könnte das Epithel etwas Diastase verloren haben, weil es absterbende Zellen enthält. Gegen letztere Annahme könnte in's Feld geführt werden, dass Embryonen ohne Epithel nach den Autoren keine Diastase ausscheiden (p. 494), aber dem widersprechen wieder die Angaben von Grüss.

Wenn mit Chloroform getödtete Embryonen die Stärke nicht angriffen (p. 490), so konnte das auf Sterilisirung der Embryonen beruhen, auf Bakterienausschluss. Wenn Brown und Morris finden, dass todte Endosperme lebende Embryonen ernähren können, so wäre auch hier die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass Bakterien die Lösung der Stärke etc. besorgt hätten. Nur der Versuch von Hansteen ist wohl fast einwandsfrei, da Hansteen die Bakterien berücksichtigte. Hansteen goss an die Schildchen von Embryonen Gyps, der mit viel Stärke versetzt war. Die Stärkekörner in der Nähe des Schildchens wurden

nach 5—7 Tagen angegriffen. Es fragt sich nur, ob nicht eine Verletzung des Epithels des Schildchens, beim Herauslösen oder durch den Gypsverband stattgefunden hatte.

Zur Orientirung in dieser Frage wurden nun folgende Versuche angestellt.

Frage IV:

Greifen wachsende Embryonen von ihrem Schildchen aus gequollene Stärke an, die in Gelatine eingeschmolzen ist, auf welcher die Schildchen ruhen?

Versuch 6.

Es wurde eine 10procentige Gelatinelösung in destillirtem Wasser hergestellt, die durch Natriumcarbonat fast neutral und sorgfältigst steril gemacht wurde, durch dreimaliges Aufkochen an drei Tagen. In diese heisse Gelatine wurde etwas sterile Weizenstärke eingerührt, und die Masse wurde in Petrischalen ausgegossen. Nach dem Erkalten wurden sechs Embryonen aufgelegt, die nach der Herauslösung aus den sterilisirten Früchten mit sterilem Wasser gewaschen und dann noch einen Tag im feuchten Raume liegen gelassen worden waren, um die verletzten Zellen absterben zu lassen. Die Embryonen wurden vor dem Auflegen nochmals mit sterilem Wasser gewaschen. Dieselben blieben unter steriler Glocke sechs Tage liegen, bei Sorge für genügend feuchte Luft und bei einer Temperatur von 15—20 ° C. Nach dieser Zeit wurde ein Embryo mit einem daransitzenden Gelatinestück herausgehoben und untersucht. Es wurden Schnitte durch das Schildchen und die daran sitzende Gelatine gemacht, und diese Schnitte wurden in Jodjodkaliumlösung eingelegt. Bei mikroskopischer Betrachtung stellte sich heraus, dass sich ein grosser Theil der Stärke an den Boden gesetzt hatte, da die Gelatine noch etwas zu dünn gewesen war, als sie ausgegossen wurde. Sehr zahlreiche gequollene kleine Stärkekörner waren aber gleichmässig in der Gelatine vertheilt. Es konnte keine Lösung der gequollenen Stärkekörner in der Nähe des Schildchens beobachtet werden.

Die Embryonen befinden sich, wenn sie auf Stärkegelatine liegen, in relativ denselben Verhältnissen, als wenn sie am Endosperme liegen, da ja dort auch die erzeugten Zuckermassen nur dadurch abgeleitet werden, dass das Epithel sie aufnimmt. Für eine Ableitung der Zuckermassen, welche durch die Diastase erzeugt werden, braucht also auch hier nicht gesorgt zu werden. Hansteen hat es gethan, und ich habe deshalb noch einen Versuch gemacht, bei dem Ableitung erfolgte.

Es wurde ein Stück der Gelatine mit den oben erwähnten Embryonen auf Gaze gebracht, die mit der Fläche auf 400 ccm sterilem Wasser lag. Nach zwei Tagen wurde die dem Schildchen anliegende Gelatine untersucht. Es konnte keine auffallende Veränderung der gequollenen Stärke nachgewiesen werden. Da die Gelatine zu trocken war, wurde auf die Gelatine, welche die letzten Keimlinge trug, etwas steriles Wasser gegossen und der Versuch noch einige Tage fortgesetzt. Die Plumula war nur wenig gewachsen, sie war ungefähr 4 cm lang. Eine Veränderung der Stärke hatte auch hier in der Nähe des Schildchens nicht stattgefunden.

Versuch 6a (Controlversuch).

Es wurde ganz ähnlich verfahren wie bei dem vorigen Versuche. Zunächst wurde eine 7procentige Gelatinelösung in grösserer Menge bereitet. Die Gelatinelösung wurde in drei Partien getheilt, zu der einen noch warm etwas sterile Weizenstärke gerührt, zu der zweiten, nachdem sie halb erkaltet war. Alle drei Portionen wurden in Petrischalen gegossen. Nach dem vollständigen Erkalten wurden, genau wie oben, die sorgfältig steril behandelten Embryonen aufgelegt, auf jede Schale zwölf Stück. Dieselben standen unter steriler Glocke und bei einer Temperatur von 15—20° C. acht Tage. Nach dieser Zeit wurden die Embryonen entfernt, die Gelatine der drei Schalen bei 30° C. verflüssigt und die Gesammtmenge in einen Kolben gegeben. Im Ganzen waren es 120 g. Dieselben wurden in zwei gleiche Portionen getheilt.

No. I. 60 ccm Gelatinelösung vor dem Digeriren aufgekocht und nach dem Digeriren auf 100 ccm aufgefüllt,

25 ccm = 20 mg Cu.

No. II. 60 ccm Gelatinelösung nach dem Digeriren aufgekocht und dann auf 100 ccm aufgefüllt, 25 ccm = 18 mg Cu.

Der Versuch 6a bestätigt also das, was die Versuche 5a und 6 bereits feststellten. Es scheint demnach aus allen diesen Versuchen mit Sicherheit hervorzugehen, dass das Epithel des Schildchens der Maissamen nicht im **Stande ist, Ferment auszuscheiden, dass vielmehr das Epithel nur ein Apparat ist, der dazu dient gelieferte Nahrung aufzusaugen.**

Frage V:

Nimmmt der Diastasegehalt von Endospermen zu, die von zwei Tage gequollenen Maisfrüchten entnommen sind, wenn man dieselben im absolut feuchten Raume so hält, dass sie keine Stoffe abgeben können?

Versuch 7.

Von Maiskörnern, die zwei Tage gequollen waren, wurden die Schildchen mit sterilen Messern entfernt und dann die Endosperme auf ein vorher ausgeglühtes Platindrahtnetz gelegt, welches über einem vollen Gefäss sterilen Wassers lag, ohne dass das Wasser das Netz berührte. Das Ganze stand unter einer sterilen Glasglocke fünf Tage im Dunkeln, bei einer Tages- und Nachttemperatur von 15—20° C. Die Endosperme wurden darauf einen Tag in Chloroformdampf gestellt, gewogen, über Schwefelsäure zehn Tage getrocknet, zerrieben, nochmals einen Tag getrocknet und wieder gewogen.

20 Endosperme wogen in frischem Zustande 11,65 g,
dieselben getrocknet . . . . . . 7,976 „

1. 50 ccm Stärkelösung (2procentige) + 0,1 g getrocknetes Endosperm, vor dem Digeriren aufgekocht und nachher auf 100 ccm aufgefüllt, 25 ccm = 18 mg Cu.
2. 50 ccm Stärkelösung (2procentige) + 0,1 g getrocknetes Endosperm, 24 Stunden digerirt, dann aufgekocht und auf 100 ccm aufgefüllt, 25 ccm hiervon = 38 mg Cu,
   obige 18 mg hiervon abgezogen = 18 „ „
   25 ccm = 20 mg Cu = 1,6 Diastase.

1 g getrocknetes Endosperm = 800 mg Cu = 64 Diastase,
1 „ frisches Endosperm . . = 547 „ „ = 43,7 „

Obiger Versuch wurde wiederholt.

Versuch 7a.

10 Endosperme wogen in frischem Zustande 6,325 g,
dieselben getrocknet . . . . . 4,003 „

1. 50 ccm Stärkelösung (2procentige) + 0,1 getrocknetes Endosperm vor dem 24stündigen Digeriren aufgekocht und nachher auf 100 ccm aufgefüllt, 25 ccm = 11 mg Cu.
2. 50 ccm Stärkelösung (2procentige) + 0,1 getrocknetes Endosperm nach dem Digeriren aufgekocht und dann auf 100 ccm aufgefüllt, 25 ccm = 40 mg Cu,
obige 11 mg abgezogen = 11 „ „
25 ccm = 29 mg Cu = 2,4 Diastase,

also 1 g getrocknetes Endosperm = 1160 mg Cu = 96 Diastase,
1 „ frisches Endosperm . . = 744 „ „ = 60 „

Frage VI:

Nimmt der Diastasegehalt von Endospermen zu, die von zwei Tage gequollenen Maisfrüchten entnommen sind, wenn man dieselben fünf Tage auf feuchtes, steriles Fliesspapier legt?

Versuch 8.

20 Maiskörner wurden zwei Tage quellen gelassen und die Schildchen dann entfernt. Die Endosperme wurden auf feuchtem, sterilisirtem Fliesspapier unter einer Glasglocke fünf Tage im Dunkeln stehen gelassen, alsdann einen Tag in Chloroformdampf gestellt und gewogen. Darauf wurden sie zehn Tage über Schwefelsäure getrocknet, wieder gewogen, zerrieben, nochmals einen Tag getrocknet und gewogen.

20 Endosperme wogen in frischem Zustande 10,01 g,
dieselben getrocknet . . . . . . 5,67 „

1. 50 ccm Stärkelösung (2procentige) + 1 g getrocknetes Endosperm vor dem 24stündigen Digeriren aufgekocht und nachher auf 100 ccm aufgefüllt,
   25 ccm = 13 mg Cu.
2. 50 ccm Stärkelösung (2procentige) + 1 g getrocknetes Endosperm nach dem Digeriren aufgekocht und dann auf 100 ccm aufgefüllt, 25 ccm = 78 mg Cu,
   obige 13 mg abgezogen 13 „ „
   25 ccm = 65 mg Cu = 6,7 Diastase,

also 1 g getrocknetes Endosperm = 260 mg Cu = 26,8 Diastase,
1 „ frisches Endosperm . . = 147 „ „ = 15,18 „

Frage VII:

Nimmt der Diastasegehalt von Endospermen zu, die von zwei Tage gequollenen Maisfrüchten entnommen sind, wenn man an Stelle des Schildchens Gyps eingiesst und sie so, sterilisirt, mit dem Gypsschildchen in Wasser getaucht liegen lässt, welches die Ausscheidungsproducte des Endosperms aufnehmen kann?

Versuch 9.

Maisfrüchte wurden zunächst wieder zwei Tage quellen gelassen, die Schildchen dann entfernt und an deren Stelle eine Gypssäule in folgender Weise eingesetzt. Fein gepulverter Gyps wurde in einem Kolben im Trockenschrank eine Stunde bei 160° C. sterilisirt. Der sterile Gyps wurde darauf in geringen Mengen auf ein Uhrglas gegeben, mit etwas sterilem Wasser angerührt und dann an Stelle des Schildchens die Oeffnung damit angefüllt, so dass das Gypsfüsschen noch etwa 0,5 cm hervorragte. Die Endosperme wurden so in etwa 80 ccm steriles Wasser gestellt, dass gerade noch die Gypsfüsschen hineintauchten. Das Ganze stand auf einem sterilen Porzellanteller unter einer Glasglocke fünf Tage im Dunkeln. Nach dieser Zeit wurde der Gyps sorgfältig entfernt, die Endosperme wurden einen Tag in Chloroformdampf gestellt, gewogen, über Schwefelsäure zehn Tage

getrocknet, zerrieben, wieder einen Tag getrocknet und nochmals gewogen.

16 Endosperme wogen in frischem Zustande 6,52 g,
dieselben getrocknet . . . . . . 4,43 „

Eine Corrosion der Stärkekörner war nach fünf Tagen kaum bemerkbar.

1. 50 ccm Stärkelösung (2procentige) + 1 g getrocknetes Endosperm vor dem 24stündigen Digeriren aufgekocht und auf 100 ccm aufgefüllt,
25 ccm davon = 19 mg Cu.
2. 50 ccm Stärkelösung (2procentige) + 1 g getrockneten Endosperm nach dem 24stündigen Digeriren aufgekocht und auf 100 ccm aufgefüllt,
25 ccm gaben = 71 mg Cu,
obige 19 mg abgezogen = 19 „ „
25 ccm = 52 mg Cu = 4,9 Diastase,

also 1 g getrocknetes Endosperm = 208 mg Cu = 19,6 Diastase,
1 „ frisches Endosperm . . = 141 „ „ = 13,3 „

Das Wasser, worin die Endosperme mit dem Gypsfüsschen standen, wurde in einen 100 ccm-Kolben gegeben und derselbe zur Marke aufgefüllt. Das Reductionsvermögen wurde direct bestimmt.

25 ccm davon gaben . . . = 55 mg Cu (28,4 mg Dextrose),
also die 100 ccm . . . . = 220 „ „ (113,6 „ „),
1 g frisches Endosperm gab ab = 31,9 „ „ (18,9 „ „).

Der Versuch wurde wiederholt, indem dabei die Wassermenge bis auf 300 ccm vergrössert, die Diastasemenge im Wasser bestimmt wurde und ebenso die Zuckermenge vor und nach der Inversion.

Versuch 10.

24 Endosperme wogen in frischem Zustande 14,65 g,
dieselben getrocknet . . . . . 8,56 „

1. 50 ccm Stärkelösung (2procentige) + 1 g Endosperm, vor dem 24stündigen Digeriren aufgekocht und dann auf 100 ccm aufgefüllt, 25 ccm davon gaben = 24 mg Cu.

2. 50 ccm Stärkelösung (2procentige) + 1 g Endosperm **nach** dem 24stündigen Digeriren aufgekocht und dann auf 100 ccm aufgefüllt, 25 ccm hiervon = 96 mg Cu,
   obige 24 mg abgezogen = 24 „ „
   25 ccm = 72 mg Cu = 8,3 Diastase,

also 1 g getrocknetes Endosperm = 288 mg Cu = 33,2 Diastase,
1 „ frisches Endosperm . . = 167 „ „ = 19,3 „

Das Wasser, in dem die Gypsfüsschen standen, wurde in einen 300 ccm-Kolben gegeben und derselbe zur Marke aufgefüllt.

1. 25 ccm Stärkelösung (4procentige) + 25 ccm des Kulturwassers **vor** dem 24stündigen Digeriren aufgekocht und nachher auf 100 ccm aufgefüllt,
   25 ccm davon = 24 mg Cu.
2. 25 ccm Stärkelösung (4procentige) + 25 ccm des Kulturwassers **nach** dem 24stündigem Digeriren aufgekocht und nachher auf 100 ccm aufgefüllt,
   25 ccm hiervon gaben = 26 mg Cu,
   obige 24 ccm abgezogen 24 „ „
   25 ccm = 2 mg Cu.

Nach diesem letzteren Versuche bleibt es zweifelhaft, ob Diastase übergegangen ist, da das Plus von 2 mg Cu innerhalb der Fehlergrenze liegt.

Zuckermenge bestimmt vor und nach der Inversion
(im Ganzen 300 ccm Auszug).

Vor der Inversion:

25 ccm gaben . . . . . . = 26 mg Cu (0,014 Dextrose),
die 300 ccm Auszug also . . = 312 „ „ (0,168 „).

Nach der Inversion:

Es wurden 50 ccm des obigen Auszuges von 300 ccm versetzt mit drei Tropfen Salzsäure vom spec. Gewicht 1,11 und 1/2 Stunde auf 100° C. im Wasserbade erwärmt. Nach dem Erkalten wurde mit Natronlauge neutralisirt und das Ganze auf 100 ccm aufgefüllt,

25 ccm davon gaben . . . = 32 mg Cu (0,017 Dextrose),
die 300 ccm Auszug also . . = 768 „ „ (0,204 „).

1 g frischer Embryo gab an Wasser an reducirender Substanz ab:

Vor der Inversion . . . = 21 mg Cu (0,0115 Dextrose),
nach „ „ . . . . = 52 „ „ (0,0269 „).

Obige Versuche wurden in derselben Weise wiederholt, jedoch wurden die Endosperme mit Gypsfüsschen statt 5 nun 18 Tage im Dunkeln stehen gelassen und statt 300 ccm jetzt 800 ccm Wasser verwendet.

Versuch 11.

20 Endosperme wogen in frischem Zustande 20,25 g,
dieselben getrocknet . . . . . 6,56 „

Die Trockensubstanz ist hiernach auf die Hälfte gesunken, es ist also über die Hälfte Trockensubstanz ausgewandert. Die Endosperme waren im Uebrigen nach 18 Tagen noch vollkommen bakterienfrei und frei von Eumyceten. Eine vollkommene Lösung der Stärke hatte nicht stattgefunden, doch zeigten die Stärkekörner alle zahlreiche Porenkanäle.

Die Gesammtmenge des Wassers, über dem die Gypsfüsschen standen, betrug 800 g.

1. 25 ccm Stärkelösung (4procentige) + 50 ccm Kulturwasser vor dem 24stündigen Digeriren aufgekocht und nachher auf 100 ccm aufgefüllt, 25 ccm = 49 mg Cu.
2. 25 ccm Stärkelösung (4procentige) + 50 ccm Kulturwasser nach dem 24stündigen Digeriren aufgekocht und dann auf 100 ccm aufgefüllt, 25 ccm = 50 mg Cu.

Es ist hiernach so gut wie keine Diastase übergegangen, was ja auch schon aus dem vorigen Versuche mit Wahrscheinlichkeit hervorging.

Zuckerbestimmung vor und nach der Inversion (im Ganzen 800 ccm Kulturwasser).

Vor der Inversion:

25 ccm gaben . . . . . = 33 mg Cu (0,0175 Dextrose),
die 800 ccm Auszug also . = 1056 „ „ (0,560 „).

1 g frisches Endosperm gab demnach an Wasser ab an reducirender Substanz = 52 mg Cu (0,0269 Dextrose).

Nach der Inversion:

100 ccm von den obigen 800 ccm Kulturwasser wurden mit vier Tropfen Salzsäure vom spec. Gewicht 1,11 versetzt und wieder 1/2 Stunde im Wasserbade auf 100° C. erwärmt. Nach dem Erkalten wurde die Flüssigkeit neutralisirt.

25 ccm gaben . . . . . . = 24 mg Cu (0,013 Dextrose),
die 800 ccm Kulturwasser also = 768 „ „ (0,416 „).

1 g frisches Endosperm gab an Wasser also ab an reducirender Substanz = 37 mg Cu (0,0194 Dextrose).

1. 50 ccm Stärkelösung (2procentige) + 0,1 g getrocknetes Endosperm, vor dem 24stündigen Digeriren aufgekocht und dann auf 100 ccm aufgefüllt,
   25 ccm gaben = 12 mg Cu.
2. 50 ccm Stärkelösung (2procentige) + 0,1 g getrocknetes Endosperm, nach dem 24stündigen Digeriren aufgekocht und dann auf 100 ccm aufgefüllt,
   25 ccm gaben = 80 mg Cu,
   obige 12 mg abgezogen = 12 „ „
   25 ccm = 68 mg Cu = 7,4 Diastase,

also 1 g getrockn. Endosperm = 2,72 g Cu = 296 Diastase,
1 „ frisches Endosperm . = 0,881 „ „ = 95,8 „

Aus den Versuchen mit dem Endosperm geht mit Sicherheit hervor, dass die Diastase sich in dem isolirten Endosperme zu vermehren vermag.

In dem zwei Tage gequollenen Endosperme fanden wir:

für 1 g Frischsubstanz . . . . . . 11,2 und 5,8 Diastase,
„ 1 „ Trockensubstanz . . . . . 14 und 10,1 „

			Tage		für Trockensubstanz	für Frischsubstanz
Versuch	7	ergab am	5.	—	64 Diastase,	— 43,7 Diastase,
„	7a	„ „	5.	—	96 „	— 60 „
„	8	„ „	5.	—	26,8 „	— 15,18 „
„	9	„ „	5.	—	19,6 „	— 11,7 „
„	10	„ „	5.	—	33,2 „	— 19,3 „
„	11	„ „	18.	—	296 „	— 95,8 „

Wir finden hier also überall eine grössere Zahl als bei den zwei Tage gequollenen Endospermen, allerdings bei den 5tägigen Versuchen durchaus wechselnde Zahlen. Es hängt das wohl damit zusammen, dass von diesen Versuchen einige bei relativ starken Temperaturschwankungen ausgeführt wurden. Gerade in den kältesten Wintertagen, Ende Januar und Anfang Februar, wurden einige Versuche dieser Art angestellt, allerdings in einem Zimmer, das Tag und Nacht geheizt wurde. Allein es können auch noch andere, nicht untersuchte Schwankungen in den äusseren Verhältnissen die Ursache gewesen sein. Wenn man die Lösung der Stärkekörner in dem isolirten Endosperme beobachtet, so sieht man, dass die Stärkekörner meist erst am 8. Tage angegriffen werden. Anscheinend sind fünf Tage zum Heranwachsen der Diastasemenge unter diesen Verhältnissen eine zu kurze Zeit. Es beginnt erst später eine energische Steigerung der Wirkung. Unter zufällig günstigen Verhältnissen (Versuch 7a) kann die Steigerung etwas früher kräftig ansetzen. Nach 18 Tagen dagegen ist die Steigerung der Fermentmenge eine ganz auffällige.

Die in Erde eingelegten, zwei Tage gequollenen Früchte beginnen mit energischem Wachsthum auch erst nach 5—6 Tagen. Keimlinge, die am 17. III. eingesetzt waren, wuchsen bis zum 23. III. sehr langsam, so dass die Grösse der Plumula 4 cm betrug. Vom 23. III. bis 25. III. verlängerte sich die Plumula um 3,5 cm. Vom 25. III. bis 28. III. sogar um 6,5 cm. Vom 28. III. bis 2. IV. um 12 cm. Am 23. III. waren die Stärkekörner schon überall corrodirt, doch war die Füllung mit Stärke in allen Zellschichten noch eine verhältnissmässig gleichartige. Am 25. III. waren die Zellen auch noch kräftig mit Stärke gefüllt, aber die Stärkekörner sehr stark corrodirt mit vielen Kanälen. Am 28. III. dagegen zeigten sich in den dem Schildchen anliegenden Endospermzellen schon weniger Stärkekörner und dieselben sehr stark corrodirt. Am 2. IV. (nach 16 Tagen) war in den äusseren Zellschichten fast keine Stärke mehr sichtbar, während nach der Mitte zu noch zahlreiche halb in Lösung begriffene Stärkekörner zu sehen waren.

Das Anwachsen der Diastasemenge im isolirten Endosperme spricht mit Deutlichkeit dafür, dass das Endosperm lebt. Die Frage, ob das Endosperm lebe oder nicht, ist von anderen Autoren schon aufgeworfen worden. Schon van Tieghem (I, p. 183) hatte den Satz ausgesprochen, dass das Endosperm von *Canna* und *Mirabilis* nur „une nourriture" keine „nourrice" sei, während die Endosperme von *Ricinus* und *Pinus* activ seien. Er schloss dieses daraus, dass das isolirte Endosperm im Keimbette bei 25—30° C. keine Veränderung zeigte, und dass im Samen die Lösung der Reservestoffe vom Schildchen aus vorschritt.

Brown und Morris beantworten die Frage für Gerstenendosperm dahin, dass dasselbe todt sei.

Sie isolirten Endosperme von Gerstenfrüchten, steckten sie in Löcher von Glimmerplatten, die auf Wasser aufgelegt waren, und fanden, dass keine Lösung der Stärkekörner eintrat, trotzdem die Lösungsproducte auswandern konnten.

Das Versuchsresultat von van Tieghem konnte man nach dem, was für Laubblätter schon bekannt war (Arthur Meyer, p. 217), jetzt voraussehen. Es wird ja dort bei Sistirung der Ableitung der Lösungsproducte der Stärke die Lösung der Stärkekörner sofort unterbrochen; dagegen waren die Versuche von Brown und Morris anscheinend einwurfsfrei.

Mit den Resultaten der Versuche der letzteren Autoren stehen jedoch die von Pfeffer (I, 1893) und Hansteen (I, 1894) gewonnenen im directen Widerspruche. Hansteen (p. 420) versah die Endosperme mit Gypsschildchen und legte sie auf den Boden von Krystallisirschalen, die so weit mit Wasser bedeckt waren, dass das Wasser etwa die Hälfte der Höhe der eingesetzten Gypssäulchen bedeckte. Die Versuche wurden steril gehalten. „Schon nach 10—13 Tagen hatten die der Contactfläche mit dem Gyps benachbarten Zellschichten des Endosperms ihren ganzen Stärkeinhalt verloren, während in den ferner liegenden Zellschichten sämmtliche Stärkekörner mehr oder weniger corrodirt waren. Zumeist waren nur Reste von den Körnern zu sehen, und das schon weit entleerte Endosperm war ganz weich geworden und theilweise im Collabiren begriffen." Waren dagegen die Endosperme von Mais durch die angegossenen Gyps-

säulchen mit nur ganz wenig Wasser in Verbindung, so fand keine nennenswerthe Entleerung der Endospermzellen statt. Ebenso fand keine nennenswerthe Lösung statt, wenn die mit Gypsschildchen versehenen Endosperme in eine grössere Menge Zuckerlösung (0,5 Dextrose + 0,5 Saccharose auf 100 Wasser) eingesetzt wurden.

Mit Gerste erhielt Hansteen die gleichen Resultate. Von den Versuchen Hansteen's würde nur der letztere vorzüglich dann mit Sicherheit beweisen, dass das Endosperm lebt, wenn weder Dextrose noch Rohrzucker auswanderten, oder wenn derselbe Effect mittelst eines nicht auswandernden Kohlehydrates erreicht werden könnte. Es würde damit bewiesen sein, dass das Endosperm reizbar wäre. Die Erscheinungen, dass Endosperme ihre Stärke nicht lösen, wenn die Ableitung der Inversionsproducte verhindert wurde, dass sie dieselben lösen, wenn letztere abgeleitet werden, könnte auch bei todten Endospermen eintreten, da ja Diastase in den Endospermen vorhanden ist, und die Wirkung der Diastase durch sich anhäufende Stoffe gehindert werden könnte.

Ich bemerke noch, dass folgender Versuch von Haberlandt mit Hansteen's Resultaten gut stimmt. Als Haberlandt (I, p. 46) von ruhenden Roggenfrüchten den Embryo bis auf das Schildchen abschnitt, trat beim Einlegen der Früchte in ein Keimbett kein Angriff der Stärkekörner ein, wohl aber geschah dies, wenn der verstümmelte Keimling auch nur ein Würzelchen entwickelte. Maiskörner verhielten sich (wohl da das Schildchen stärker wuchs) etwas anders, dort begann die Lösung, hörte aber sehr bald auf.

Alle diese Versuche sprechen also für die Annahme, dass das Endosperm des Maises lebt. Ich habe, um sicher zu gehen, zuletzt noch einen Versuch gemacht, bei dem von möglichst gleichen Früchten und einer grösseren Anzahl ausgegangen wurde. Herr Prof. Meyer hielt die Wiederholung der Versuche schon deshalb für geboten, weil Brown und Morris (I, p. 527) für die Gerste zu einem anderen Resultate gekommen waren. 50 Gersten-Endosperme lieferten nach 5 tägiger Keimung 19,23 g CuO; 50, die dann noch zwei Tage gelegen hatten, 13,91 g CuO, ihr Diastasegehalt sollte sich darnach wie 19 : 15

verhalten haben. 50 Endosperme unverletzter, sieben Tage gekeimter Samen lieferten 21,89 g CuO. Ich kann nicht angeben, wo hier der Fehler liegt. Der hier folgende Versuch beweist sicher, dass der Diastasegehalt von Endospermen steigt, die, ohne dass Ableitung der Reactionsproducte erfolgt, einige Zeit liegen.

Versuch 12.

50 möglichst gleichförmig ausgesuchte Maiskörner wurden wieder zunächst zwei Tage quellen gelassen und darauf mit sterilem Messer die Embryonen entfernt.

25 Endosperme hiervon wurden in gewöhnlicher Weise getrocknet und direct auf ihren Diastasegehalt untersucht.

Diese 25 Endosperme wogen in frischem Zustande 18,17 g,
dieselben getrocknet . . . . 10,25 „

50 ccm Stärkelösung (2procentige) + 0,1 g getrocknetes Endosperm, vor dem Digeriren aufgekocht und nach dem Digeriren auf 100 ccm aufgefüllt,
25 ccm hiervon = 9 mg Cu.

50 ccm Stärkelösung (2procentige) + 0,1 g getrocknetes Endosperm, nach dem Digeriren aufgekocht und dann auf 100 ccm aufgefüllt,
25 ccm hiervon = 17 mg Cu,
obige 9 mg davon abgezogen = 9 „ „
demnach 25 ccm = 8 mg Cu = 0,75 Diastase,
also 0,1 g Endosperm . . . . = 3 „
1 „ getrocknetes Endosperm . . = 30 „
1 „ frisches Endosperm . . . . = 16 „

Die weitere Hälfte (25 Stück) der Endosperme wurden zwölf Tage auf feuchtem, sterilem Fliesspapier unter einer Glasglocke liegen gelassen, alsdann in gewöhnlicher Weise getrocknet und auf ihren Diastasegehalt geprüft.

Diese 25 Endosperme wogen in frischem Zustande 15,46 g,
dieselben getrocknet . . . . 8,12 „

50 ccm Stärkelösung (2 procentige) + 0,1 g getrocknetes Endosperm, vor dem Digeriren aufgekocht und nach dem Digeriren auf 100 ccm aufgefüllt,

25 ccm hiervon = 12 mg Cu.

50 ccm Stärkelösung (2 procentige) + 0,1 g getrocknetes Endosperm, nach dem Digeriren aufgekocht und dann auf 100 ccm aufgefüllt,

25 ccm hiervon = 26 mg Cu,
obige 12 mg abgezogen = 12 „ „
demnach 25 ccm = 14 mg Cu = 1,1 Diastase,
also 0,1 g getrocknetes Endosperm . . = 4,4 „
1 „ getrocknetes Endosperm . . = 44 „
1 „ frisches Endosperm . . . . = 23 „

Der Diastasegehalt ist also auch hier um die Hälfte des ursprünglichen Betrages gestiegen, so dass auch dieses Resultat die Anschauung, dass das Endosperm des Maises lebe, stützt.

Die Kleberschicht in ihrem Verhalten zu der Diastaseausscheidung und Diastaseleitung.

Tangl (I, 1885) hatte die Kleberschicht als das specifische Leitungsorgan für das Ferment angesprochen.

Haberlandt (I, 1890) fasst die Kleberschicht als ein Drüsengewebe auf, das zur Zeit der Keimung die Diastase bilde und ausscheide. Als Gründe für diese Annahme führt er erstens an, dass die Stärkekörner zwar in der Nähe des Schildchens am kräftigsten gelöst werden, dass aber zugleich in der Nähe der Kleberschicht die Lösung relativ ausgiebig sei; zweitens, dass Stückchen der Kleberschicht, die er Keimlingen der Roggenfrucht entnommen hatte, Stärke corrodirten, wenn er sie 24 Stunden damit in Berührung liess.

Der erste Grund ist ganz bedeutungslos, da ja bei fast allen Reservestoffbehältern die Lösung in der Peripherie sehr energisch ist, einfach deshalb, weil centraler liegende Gewebepartien durch die hindurchwandernden Lösungsproducte der Stärke an der Stärkelösung gehindert werden. Der zweite Grund ist ebenfalls

nicht stichhaltig, denn die verletzten Stückchen werden immer etwas Diastase abgeben können, da sie ja Diastase enthalten, die unverletzten brauchen es deshalb durchaus nicht zu thun. Ausserdem sind Bakterien nicht abgehalten worden.

Pfeffer (I, p. 424) liess Versuche anstellen, deren Resultate nicht für Haberlandt's unbewiesene Annahme sprechen. Von der Kleberschicht befreite Endosperme der Maisfrucht, denen Gypsschildchen angesetzt waren, lösten die Stärkekörner ebenfalls. Es spricht dies allerdings mit Sicherheit auch nicht gegen Haberlandt's Annahme, denn wenn einmal Diastase von der Kleberschicht aus eingewandert wäre, so könnte die erstere auch ohne die Kleberschicht weiter wirken.

Brown und Morris sind durch ihre Versuche zu der Ueberzeugung gekommen, dass Haberlandt mit seiner unbewiesenen Ansicht Unrecht habe. Sie fanden, dass chloroformirte Stückchen der Kleberschicht ebenso stark auf Stärkekörner wirkten als lebende; sie untersuchten allerdings diese Thatsache nicht quantitativ. Es wäre dies übrigens auch kein directer Beweis der Unrichtigkeit der unbewiesenen Annahme Haberlandt's.

In letzter Stunde hat Grüss noch eine „Vorläufige Mittheilung" über einige mikrochemische Versuche gemacht (III). Er beruft sich (p. 5) auf seine schon citirte unvollständige Analyse von Schildchen, Aleuronschicht und Endosperm, die zeigt, dass die Aleuronschicht (d. h. die periphere Partie des Endosperms mit der Aleuronschicht, denn die Aleuronschicht allein kann man nicht abschaben) relativ reich an Diastase ist, ferner darauf, dass die abgelöste Aleuronschicht nach Haberlandt in Stärkekleister untersinke. Ferner verweist er auf die Versuche mit Guajakreaction, die zeigen, dass sich „in Endospermstücken, deren Schildchen entfernt sind, und welche etwa drei Tage in Wasser liegen, aus den Aleuronzellen eine Diastasefluth erhebt", d. h. dass sich die peripheren Zellen des Endosperms intensiv blau färben, und meint, durch diese Thatsache sei die Haberlandt'sche Annahme „verificirt". Diese Argumente sind weder neu (denn auch der Guajakversuch könnte im günstigsten Falle nur aussagen, dass in den peripheren Zellen des Endosperms relativ viel Diastase entsteht), noch beweisen sie irgend etwas für Haberlandt's Anschauung.

Herr Professor Meyer veranlasste mich, zur Orientirung über diese Angelegenheit folgende Fragen zu beantworten:

Frage VIII.

1. Welchen Gehalt an Diastase besitzen die nach zweitägigem Einquellen abgeschabte Kleberschicht, Fruchtschale und das Endosperm?
2. Wie verhält sich der Diastasegehalt solcher Endosperme, die fünf Tage auf Brunnenwasser lagen und mit Gypsschildchen versehen waren, wenn die Kleberschicht durch Abschaben vor dem Hinlegen sorgfältigst entfernt war, zu dem Diastasegehalt der zwei Tage gequollenen, kleberschichtfreien Endosperme?
3. Welchen Gehalt an Diastase besitzen die Schale und das kleberschichtfreie Endosperm von Endospermen, die 14 Tage eingegypst über Wasser gelegen hatten, nachdem vorher die Kleberschicht entfernt war?

Versuch 13.

Eine grössere Portion Mais wurde zunächst wieder zwei Tage quellen gelassen, darauf Fruchtschale, Kleberschicht und Schildchen sorgfältigst entfernt. Die Endosperme, Schalen und Kleberschicht wurden gewogen, chloroformirt, getrocknet und wieder gewogen. Darauf wurde der Diastasegehalt der einzelnen Theile genau bestimmt.

Das Frischgewicht von acht abgeschabten Endospermen betrug . . . . 3,45 g,
das Trockengewicht derselben betrug . . . . 0,47 „
Das Frischgewicht der Schalen und Kleberschicht dieser acht Endosperme betrug . . . . . . 2,68 g,
das Trockengewicht derselben betrug . . . . 0,34 „

50 ccm Stärkelösung (2procentige) + 0,2 g getrocknetes Endosperm ohne Kleberschicht, 24 Stunden digerirt, dann aufgekocht und auf 100 ccm aufgefüllt,
25 ccm davon = 33 mg Cu.

50 ccm Stärkelösung (2procentige) + 0,2 g getrocknetes Endosperm ohne Kleberschicht, vor dem 24stündigen Digeriren aufgekocht und nach dem Digeriren auf 100 ccm aufgefüllt,

25 ccm davon = 17 mg Cu,

diese 17 mg Cu von obigen 33 mg abgezogen, demnach

25 ccm = 16 mg Cu = 1,3 Diastase,

folglich 0,2 g getrocknetes Endosperm ohne Kleberschicht = 5,2 Diastase.

50 ccm Stärkelösung (2procentige) + 0,05 g Kleberschicht und Schale, vor dem Digeriren aufgekocht und nachher auf 100 ccm aufgefüllt,

25 ccm davon = 9 mg Cu.

50 ccm Stärkelösung (2procentige) + 0,05 g Kleberschicht und Schale, nach dem Digeriren aufgekocht und dann auf 100 ccm aufgefüllt,

25 ccm davon = 12 mg Cu,
obige 9 mg abgezogen = 9 „ „
25 ccm = 3 mg Cu,

folglich 0,05 g Kleberschicht und Schale = 1 Diastase.

Darnach lieferten:

1 g getrocknetes Endosperm ohne Kleberschicht	= 320 mg Cu	= 26	Diastase,
1 „ frisches Endosperm ohne Kleberschicht	= 248 „ „	= 19	„
1 „ trockene Kleberschicht und Schale	= 240 „ „	= 20	„
1 „ frische Kleberschicht u. Schale	= 173 „ „	= 14,4	„

Versuch 14 (nach 5tägigem Liegen).

Von acht Endospermen, die zwei Tage gequollen hatten, wurden Fruchtschale, Kleberschicht und Schildchen entfernt, dann die Endosperme eingegypst, auf 400 ccm Wasser aufgelegt, über das Gaze gespannt war, auf dem sie ruhten. Das Ganze wurde völlig steril gehalten, und die Endosperme wurden fünf Tage liegen gelassen.

Das Frischgewicht der acht abgeschabten Endosperme
betrug nach 5tägigem Liegen . . . . 3,55 g,
das Trockengewicht derselben betrug . . . . 2,75 „

Das Frischgewicht der Schalen und Kleberschicht dieser
acht Endosperme betrug . . . . . . 0,43 g,
das Trockengewicht derselben betrug . . . . 0,3 „

Der Diastasegehalt von Endospermen, Schalen und Kleberschicht wurde bestimmt:

50 ccm Stärkelösung (2procentige) + 0,2 g getrocknetes Endosperm ohne Kleberschicht, vor dem Digeriren aufgekocht, nach dem Digeriren auf 100 ccm aufgefüllt,

25 ccm = 15 mg Cu.

50 ccm Stärkelösung (2procentige) + 0,2 g getrocknetes Endosperm ohne Kleberschicht, nach dem 24stündigen Digeriren aufgekocht und dann auf 100 ccm aufgefüllt,

25 ccm davon = 29 mg Cu,
obige 15 mg abgezogen = 15 „ „
25 ccm = 14 mg Cu = 1,1 Diastase,

folglich 0,2 g getrocknetes Endosperm ohne Kleberschicht = 4,4 Diastase.

50 ccm Stärkelösung (2procentige) + 0,05 g Kleberschicht und Schale, vor dem Digeriren aufgekocht, nach dem Digeriren auf 100 ccm aufgefüllt,

25 ccm = 16 mg Cu.

50 ccm Stärkelösung (2procentige) + 0,05 g Kleberschicht und Schale, nach dem Digeriren aufgekocht und dann auf 100 ccm aufgefüllt,

25 ccm davon = 22 mg Cu,
obige 16 mg abgezogen 16 „ „
25 ccm = 6 mg Cu.

Darnach lieferten:

1 g trocknes Endosperm ohne Kleberschicht = 22 Diastase,
1 „ frisches „ „ „ = 7,7 „
1 g trockne Kleberschicht und Schale . . . = 10 Diastase,
1 „ frische „ „ „ . . . = 6,9 „

Versuch 15 (nach 15 Tagen).

Der vorige Versuch wurde wiederholt, jedoch wurden die abgeschabten Endosperme mit Gypsfüsschen statt 5 nun 15 Tage stehen gelassen. Es wurde der Diastasegehalt der Endosperme, Kleberschichten und Schalen einzeln bestimmt.

Das Frischgewicht der neun abgeschabten Endosperme nach 14tägigem Liegen betrug . . . 3,83 g,
das Trockengewicht derselben betrug . . . 2,78 „

Das Frischgewicht der Schalen betrug . . . . . 0,39 g,
das Trockengewicht derselben betrug . . . 0,21 „

Das Frischgewicht der Kleberschicht betrug . . . 0,25 g,
das Trockengewicht derselben betrug . . . 0,198 „

50 ccm Stärkelösung (2procentige) + 0,1 g getrocknetes abgeschabtes Endosperm, vor dem Digeriren aufgekocht und nach dem Digeriren auf 100 ccm aufgefüllt,
25 ccm = 24 mg Cu.

50 ccm Stärkelösung (2procentige) + 0,1 g getrocknetes abgeschabtes Endosperm, nach dem Digeriren aufgekocht und dann auf 100 ccm aufgefüllt,
25 ccm davon = 58 mg Cu,
obige 24 mg abgezogen 24 „ „
25 ccm = 34 mg Cu = 2,9 Diastase.

50 ccm Stärkelösung (2procentige) + 0,1 g getrocknete Fruchtschale, vor dem Digeriren aufgekocht,
25 ccm = 13 mg Cu.

50 ccm Stärkelösung (2procentige) + 0,1 g getrocknete Fruchtschale, nach dem Digeriren aufgekocht,
25 ccm davon = 18 mg Cu,
obige 13 mg abgezogen = 13 „ „
25 ccm = 5 mg Cu.

50 ccm Stärkelösung (2procentige) + 0,08 g getrocknete Kleberschicht, vor dem Digeriren aufgekocht,
25 ccm = 22 mg Cu.

50 ccm Stärkelösung (2procentige) + 0,08 g getrocknete Kleberschicht, nach dem Digeriren aufgekocht,

25 ccm davon = 34 mg Cu,
obige 22 mg abgezogen 22 „ „
25 ccm = 12 mg Cu = 1 Diastase.

Darnach lieferten:

1 g	trocknes Endosperm ohne Kleberschicht .	= 116	Diastase,
1 „	frisches „ „ „ .	= 80	„
1 „	trockne Fruchtschale	= 20	„
1 „	frische „	= 10	„
1 „	trockne Kleberschicht	= 50	„
1 „	frische „	= 39	„
1 „	frisches Endosperm mit Schale und Kleberschicht	= 75	„
1 „	Fruchtschale + Kleberschicht	= 21	„

Aus den drei Versuchen geht erstens hervor, dass der Diastasegehalt von Endospermen, deren Kleberschicht entfernt ist, ebenso stark wächst, wie wenn die Kleberschicht vorhanden ist. Zweitens zeigen diese Versuche, dass die Kleberschicht von zwei Tagen gequollenen Samen nicht erheblich mehr Diastase als das Endosperm enthält.

Die Kleberschicht erzeugt darnach nicht die Diastase, welche im Endosperm bei der Keimung auftritt.

Im Versuche 14 zeigt sich der Diastasegehalt des geschälten Endosperms relativ niedrig; ungeschälte Endosperme ergaben nach fünf Tagen im Minimum zwölf Diastase für ein Gramm frische Substanz, die Endosperme des Versuches 14 dagegen nur 7,7 Diastase. Bedingt mag dies vielleicht durch die Verletzung der Endosperme sein; die durch den Eingriff bewirkte Schädigung wird wahrscheinlich nur langsam überwunden. Darnach ist auch verständlich, dass die vorher abgeschabte Kleberschicht, der ja immer noch zahlreiche Zellen der Peripherie des Endosperms beigemengt sind, etwas mehr Diastase (12 ungefähr) enthielt. —

Die Arbeit wurde im März 1895 abgeschlossen.



Zur Lehre von den Wurzelausscheidungen.

Von

Friedrich Czapek.

Dass die Wurzeln der höheren Pflanzen, sowie jedes andere Organ, nicht nur Stoffe von aussen aufnehmen, sondern auch bestimmte Substanzen abscheiden, war eine bereits den älteren Physiologen geläufige Thatsache, und wer mit der Geschichte unserer Wissenschaft vertraut ist, kennt die grosse Rolle, welche die einschlägigen Fragen zu Zeiten in der physiologisch-botanischen Literatur spielten. Lange Zeit fast aller exacten Versuche und ernster Begründung entbehrend ist die Lehre von den Wurzelausscheidungen erst durch die bekannten Arbeiten von J. v. Liebig[1]) und J. Sachs[2]) zu ihrer jetzigen Bedeutung gelangt. Gegenwärtig besitzen wir nun Thatsachen genug, welche die Existenz solcher Ausscheidungen beweisen, besonders deren specifisch sauren Charakter darthun und des Weiteren lehren, dass diese Secretion mindestens unter gewissen äusseren Verhältnissen einen bedeutsamen Einfluss auf die Ermöglichung der Aufnahme von Nährstoffen aus dem Boden besitzt. In neuester Zeit hat ausserdem Molisch[3]) die Meinung vertreten, dass auch Fermente von diastatischer und invertirender Wirkung ein regelmässiges Vorkommen in den Wurzelausscheidungen zeigen.

Eine nähere Einsicht in die chemische Zusammensetzung der Wurzelausscheidungen fehlte jedoch bis heute vollständig, und

---

1) Chem. Briefe, p. 273 und Annalen d. Chem. u. Pharm., Bd. 105, p. 139 (1858).

2) Botan. Zeitung 1860, p. 117.

3) H. Molisch, Ueber Wurzelausscheidungen und deren Einwirkung auf organische Substanzen. Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss. in Wien, math.-naturw. Kl., Bd. 96, I. Abth., Octoberheft 1887.

dies war auch der Grund, weshalb die Säurefrage im Wurzelsecret eigentlich noch auf demselben Punkte steht, wie vor mehr als 30 Jahren, als Liebig und Sachs sich näher mit ihr beschäftigten, ohne jedoch die chemische Natur der betreffenden Körper festzustellen.

Die vorliegende Arbeit sucht nun vor Allem eine Analyse der ausgeschiedenen Substanzen zu geben, und weiter die in Frage stehenden Säuren zu identificiren. Wie wir sehen werden, waren die Resultate zum Theil recht unerwartet, und lehrreich ist zumal der darzulegende Befund, dass die bisher zum Säurenachweis verwendeten Methoden der bleibenden Röthung blauen Lakmuspapieres durch Pflanzenwurzeln und der Anätzung von Gesteinsplatten durch daran angeschmiegt wachsende Wurzeln auf verschiedenen Ursachen beruht, und bedeutungsvolle Säurewirkungen wahrscheinlich durch beide Methoden nicht erkannt werden.

Ein weiterer Theil meiner Untersuchungen war endlich den nach Molisch im Wurzelsecret vorhandenen Fermenten gewidmet; die Resultate waren jedoch in dieser Hinsicht im Wesentlichen negative, was aber selbstverständlich ein weniger verbreitetes Vorkommen von Fermenten in den Wurzelausscheidungen, als es der genannte Forscher angiebt, nicht ausschliesst.

Cap. I. Chemische Zusammensetzung der flüssigen Wurzelausscheidungen.

Die Realität des Vorkommens von flüssigen Wurzelausscheidungen ist nicht schwer festzustellen, und es gelingt deren Nachweis unter verschiedenen Kulturbedingungen. Erzieht man junge Keimpflanzen von Gramineen im dampfgesättigten Raume, so kann man, sobald eine reichliche Entwickelung von Wurzelhaaren eingetreten ist, an vielen der letzteren feine, farblose Tröpfchen wahrnehmen.

Molisch[1]) brachte diese Erscheinung in Beziehung zu der Herabsetzung der Wasserdampfabscheidung der Keimpflanzen im

1) l. c., p. 21 d. Sep.

dunstgesättigten Raume. Dass diese Vermuthung zu Recht besteht, zeigt folgender Versuch. Zwei Bechergläser, welche etwa zur Hälfte mit Wasser gefüllt sind, werden mit Stramin überbunden, und auf letzteren werden bereits gequollene Samen ausgesäet. Bis kurze kräftige Keimwürzelchen in das Glas eingedrungen sind und dieselben reich mit Wurzelhaaren versehen sind, werden beide Gläser im dunklen, dampfgesättigten Raum gehalten. Hierauf kommen beide Gläser an das Tageslicht, der Lichtzutritt zu den Wurzeln selbst wird durch schwarzes Papier abgehalten, und nur ein Versuch bleibt im dampfgesättigten Raume stehen, während im anderen wohl die Oberfläche des Stramins und die Samen mit nasser Watte verwahrt werden, im Uebrigen die sich entwickelnden oberirdischen Theile in der feuchten Luft des Gewächshauses sich befinden. In beiden Gläsern befinden sich also die Wurzeln fortgesetzt im dunstgesättigten Raume, während die Keimstengelchen und Keimblätter in dem einen Fall in freier Luft stehen, im andern ebenfalls in dampfgesättigter Atmosphäre verbleiben. Nach 24 Stunden sieht man die von den Wurzeln ausgeschiedenen Tröpfchen nur mehr an denjenigen Pflanzen, die gänzlich im absolut feuchten Raume befindlich sind, an den anderen aber nicht mehr, obwohl die Wurzeln der letzteren in der ersten Zeit ihres Aufenthaltes im feuchten Raume vollkommen normal sind. Nach 4—5 Tagen trocknen die Würzelchen allerdings nach und nach ein, sobald sie nicht mit Wasser in directe Berührung kommen, weil ihnen die transpirirenden, oberirdischen Theile mehr Wasser entziehen, als sie aufnehmen können. Die kleinen an den Wurzelhaaren erscheinenden Tröpfchen reagiren auf Lakmus, soweit ich untersuchte, neutral und nicht sauer, wie Höveler[1]) anzunehmen scheint.

In historischer Hinsicht ist zu erwähnen, dass schon zu Anfang dieses Jahrhunderts mehrfach die Behauptung aufgestellt worden war, dass die Wurzeln tropfbar-flüssige Ausscheidungen besitzen. Einer strengeren Kritik hält jedoch keine von diesen Autoren vertretene Meinung Stand. Befanden sich einerseits mehrere Physiologen noch unter dem Einfluss der von

1) W. Höveler, Jahrb. f. wissensch. Botanik, Bd. XXIV, p. 310 (1892).

S. Simon[1]) und Anderen aufgestellten Lehre, dass die Hauptaufgabe der Wurzeln in der Fortschaffung unbrauchbarer Stoffe aus der Pflanze bestehe, so waren von anderer Seite angestellte Versuche ohne Werth, weil Flüssigkeitsaustritt aus verletzten Wurzelzweigen, ja sogar die abgestossenen Haubenzellen selbst als secernirte Flüssigkeit gedeutet wurden. Wenige Forscher, so Cotta[2]) in seiner noch heute schätzenswerthen Schrift über die Saftbewegung, blieben von derartigen Irrthümern frei. Waren es ja erst Link[3]), Garreau und Brauwers[4]) und Cauvet[5]), welche zeigten, dass die schleimigen tropfenartigen Massen, welche die Wurzelspitzen umgeben, nicht etwa ausgeschiedene Flüssigkeit seien, sondern aus defoliirten Haubenzellen bestehen.

Der angeführte Versuch macht es wahrscheinlich, dass es sich bei der Tröpfchenausscheidung an Wurzelhaaren im dampfgesättigten Raume um eine Druckfiltration der Flüssigkeit aus dem Zellinneren der Wurzelhaare handelt, ähnlich wie das Hervorquellen von Tropfen aus *Mucor*, *Aspergillus* oder *Penicillium*, in feuchtem Raume oder auf flüssigem Substrat kultivirt, stattfindet, und vergleichbar dem Bluten aus den wasserspaltenführenden Blattzähnen von *Fuchsia* oder *Impatiens*, welches ohne Rissebildung in den Geweben zu Stande kommt. Denn würde die Tröpfchenbildung an den Wurzelhaaren durch vom Turgordruck unabhängige active Ausscheidung aus der Zelle bedingt sein, so wäre nicht zu erwarten, dass die Pflanzen, mit ihren oberirdischen Theilen an

---

1) S. Simon, Des Jacinthes (1768).

2) H. Cotta, Naturbeobachtungen über die Bewegung und Function des Saftes in den Gewächsen, mit vorzüglicher Hinsicht auf Holzpflanzen, Weimar 1806, p. 47 ff.

Von der sonstigen Literatur seien hier nur genannt: Brugmans, De mutata humorum in regno organico indole. Lugdun. Batav. 1789. — J. Plenk, Physiologie und Pathologie der Pflanzen, Coblenz 1801, p. 67. — J. P. Moldenhawer, Beyträge zur Anatomie der Pflanzen, Kiel 1812, p. 319. — A. v. Humboldt, Aphorismen aus der chem. Physiologie der Pflanzen, übers. von Fischer, Leipzig 1794, u. a. Schriften, denen in dieser Frage rein historische Bedeutung zukommt.

3) H. F. Link, Ueber Aussonderungen der Wurzelspitzen. Flora 1848, p. 591.

4) Garreau et Brauwers, Recherches sur les Formations Cellulaires. Ann. d. sc. nat., 4 sième Sér., T. X (1858), p. 181.

5) D. Cauvet, Études sur le rôle des racines dans l'absorption et l'excrétion. Ann. d. sc. nat., Sér. IV, Tome XV (1861), p. 323.

freier Luft befindlich, ihre Tropfenausscheidungen an den Wurzelhaaren einstellen. Jedenfalls dürfte einer solchen activen Ausscheidung beim Zustandekommen der erwähnten Tröpfchenbildungen keine grosse Bedeutung zukommen. An Vorkommnisse, analog jenen, welche Wilson[1]) von Nectarien beschrieben hat, also an Flüssigkeitsausscheidungen, bei denen vorhergehende Production osmotisch kräftig wirksamer Substanzen (z. B. Zucker) an der Oberfläche des Organs eine bedeutsame Rolle spielt, kann ich ebenfalls nicht denken, weil es in keinem Falle bisher gelang, ein einigermassen reichliches Vorkommen derartiger Substanzen, wie es bei Nectarien gesehen wird, an der Oberfläche der Wurzelhaare zu beobachten[2]). Es ist nach Allem sehr wahrscheinlich, dass bei diesen Tröpfchenbildungen eine Filtration unter Druck aus den im dampfgesättigten Raume stark turgescenten Wurzelhaarzellen eine Hauptrolle spielt.

Dass Wurzeln, in Wasser oder in geeigneter Nährlösung kultivirt, an das betreffende Medium verschiedene Stoffe abgeben können, sowohl unorganische als organische Verbindungen, ist bereits seit langer Zeit bekannt. Die ersten Versuche in dieser Richtung dürften wohl jene von Macaire-Prinsep[3]) angestellten sein. Dieser Forscher tauchte das Wurzelsystem ein und derselben Pflanze (*Mercurialis, Senecio, Brassica*), in zwei Hälften getheilt, zugleich in zwei Gefässe ein. Ein Gefäss enthielt Wasser,

---

1) W. Wilson, The Cause of the Excretion of Water on the Surface of Nectaries. Untersuchungen aus dem botan. Institut zu Tübingen, Bd. I, p. 1—22 (1881).

2) Allerdings wäre zu erwägen, ob nicht die Substanzen der schleimigen, leicht quellbaren äusseren Membranschichten der Wurzelhaare eine der angegebenen verwandte Rolle spielen. Jedoch kann eine solche Wirkung nach den angeführten Thatsachen keinesfalls ausschlaggebend sein.

3) Macaire-Prinsep, Mémoire pour servir à l'histoire des assolemens. Mém. de la soc. de Physique et d'histoire nat. de Génève, T. V, p. 282—302 (1832) und in Annalen d. Pharmacie, Bd. VIII (1833), p. 78—92. Auf die über Veranlassung De Candolle's angestellten übrigen Versuche des Verfassers über specifische Ausscheidungen aus Pflanzenwurzeln braucht heute nicht mehr Rücksicht genommen zu werden, da dieselben auf ungenauer Versuchsanstellung beruhen und bereits bald nach ihrer Publication von allen einsichtsvollen Forschern jener Zeit ihre Widerlegung fanden. Man vergl. hierzu z. B. Unger, Einfluss des Bodens auf die Vertheilung der Gewächse, Wien 1836, p. 142—151; Meyen, Pflanzenphysiologie II, p. 524 u. a.

das andere Wasser mit einem kleinen Zusatz von Bleiacetat, Kalkwasser oder Kochsalzlösung. Nach einigen Tagen war auch in dem ersten Gefäss die zugesetzte Substanz nachweisbar. Die Einwände, welche gegen diese Experimente späterhin von Braconnot[1]) und Unger[2]) erhoben wurden, dass nämlich hierbei ein capillares Emporsaugen an der Aussenfläche der Wurzeln statthabe, wodurch die zugesetzten Substanzen in das andere Gefäss hinübergelangen, lassen an ihrer Berechtigung Zweifel übrig. Ein anderer Punkt jedoch, von Unger gleichfalls bereits betont, ist viel wesentlicher. Die erwähnten Versuche zeigen wohl den Uebertritt von aufgenommenen Substanzen in ein äusseres Medium; sie lassen jedoch alle den Einwand zu, dass jene Substanzen nicht aus lebenden Wurzelzellen abgeschieden werden, sondern (zumal gilt dies von dargereichten Giftstoffen) erst aus abgestorbenen Elementen austreten. Gegen die späterhin von Chatin[3]) mit arseniger Säure angestellten Versuche sind natürlich dieselben Bedenken zu erheben. Und wenn auch in einzelnen der erwähnten Experimenten thatsächlich eine Abscheidung der dargereichten Substanzen ohne vitale Schädigung der Zellen stattgefunden hat, so ist damit wohl dargethan, dass unter bestimmten Einschränkungen eine Passirbarkeit lebenden Plasmas durch jene Stoffe anzunehmen ist; es ist aber durchaus nicht erwiesen, dass eine active Ausscheidung von Substanzen aus dem Zellinnern durch die Thätigkeit des Plasmas allgemein statthat, wie die obengenannten Autoren sie anzunehmen geneigt waren.

Vorsicht ist überhaupt überall da geboten, wo eine Entscheidung zu treffen ist, ob Substanzen aus Kulturflüssigkeiten von Wurzeln thatsächlich lebenden Wurzelzellen entstammen, oder ob dieselben nicht durch Diffusion aus anormalen Zellen in das Medium übergetreten sind. Die reichlich sich abschülfernden und weiteren degenerativen Veränderungen unterliegenden Zellen der Wurzelhauben, Diffusionsprocesse, die sich an ab-

1) Braconnot, Annal. d. Chim. et d. Physique, T. 72, p. 32 (1839).
2) Unger, l. c.
3) A. Chatin, Pflanzenphysiologische Untersuchungen mit arseniger Säure. Botan. Zeitung 1847, Bd. V, p. 782.

sterbenden älteren Wurzelhaaren vollziehen, sind für sich allein leicht Quelle von Täuschungen. Secundär sich einstellende Vorgänge, wie solche, welche Spaltpilzvegetationen bedingen, dürfen ja auch nicht ausser Acht gelassen werden.

Hat man es aber in einem gegebenen Falle mit Berücksichtigung der Fehlerquellen wahrscheinlich gemacht, dass thatsächlich bestimmte Substanzen aus lebenden Zellen der Wurzeln diosmosirt sind, so gilt es weiter zu bedenken, dass das Protoplasma der Zellen als trennende Membran unter verschiedenen Bedingungen nicht immer dieselben Qualitäten haben muss. Es steht dann die Frage noch offen, ob die betreffenden exosmotischen Vorgänge unter allen Umständen stattfinden müssen, oder ob die beobachtete Erscheinung lediglich die Folge der eben dargebotenen Versuchsbedingungen ist. So vermag man es von vornherein keineswegs als ausgeschlossen zu betrachten, dass etwa Contactwirkung durch unlösliche feste Gesteinspartikel, oder chemische Reizung durch bestimmte gelöste Substanzen des Substrates entweder Aenderungen der Permeabilität des Protoplasmas von Wurzelzellen oder selbst active, sonst nicht stattfindende Production gewisser Secrete bedingen könnte. Diese und andere einschlägigen Ueberlegungen bedürfen jede für sich ihrer empirischen Prüfung. Es ist hier, so viel steht sicher, Verallgemeinerung gewonnener Resultate, sowohl positiver als negativer Befunde, eine recht missliche Sache, zumal es nicht leicht ist, mit bequemen Einrichtungen des Experimentes den Wurzeln Verhältnisse zu bieten, welche auch nur annähernd dem normalen Leben derselben im Erdreich entsprechen.

Wie sich die Ausscheidungsprocesse an Wurzeln vollziehen, welchen man verschiedene Substanzen darreicht, mit welchen die Wurzelzellen physiologischer Weise nicht in Berührung zu kommen pflegen, wäre eine Aufgabe für sich und soll hier nicht erörtert werden. Ich beschränke mich auf jene Vorgänge, welche an normal vegetirenden Pflanzen zur Beobachtung gelangen. Es wird sich um den Nachweis jener Substanzen handeln, welche, in dem äusseren Medium bereits vorhanden, von den Zellen aufgenommen werden und wieder theilweise zurücktreten; ferner ist zu bestimmen, welche Körper aus den Bildungsproducten des Stoffwechsels nach aussen hin abgegeben werden, also thatsäch-

lich als Secrete zu betrachten sind. In dem Gang einer experimentellen Behandlung liegt es begründet, wenn Versuche mit Kulturen in reinem Wasser oder im dampfgesättigten Raume den Ausgangspunkt bilden. Denn, falls den Wurzeln von aussen lösliche Substanzen irgendwie zugänglich gemacht werden, so haben wir bei stattfindender Exosmose aus den Zellen von vornherein mannigfache Wechselwirkungen erst näher zu analysirender Art zu erwarten, welche den Versuch compliciren und deren Studium eine weitere Untersuchung in sich schliesst.

Die in der Literatur bisher vorliegenden Angaben über Substanzen, welche aus Wurzeln diosmosiren, beziehen sich meist auf Keimpflanzen, und vielfach erscheint keine Sonderung durchgeführt zwischen den Stoffen, welche der Keimwurzel selbst entstammen, und jenen, welche aus den übrigen Theilen des keimenden Samens diffundiren.

Vor Allem interessiren uns aber an dieser Stelle jene Stoffe, die von der Keimwurzel selbst an ein umgebendes Medium abgegeben werden. In diesem Sinne experimentirten Schulze und Umlauft[1]), welche das Wurzelwasser von gelben Lupinen (durch 13 Tage in destillirtem Wasser kultivirt) analysirten; es beschränken sich die Angaben auf Bestimmung von Stickstoff und Asche. So viel aber geht daraus hervor, dass sowohl organische als unorganische Substanzen vorhanden waren. Dabei ist aber natürlich ungewiss gelassen, ob überhaupt und in welchem Grade eine thatsächliche Diffusion von Stoffen aus lebenden Zellen stattgehabt hat, oder ob bei der Herkunft der betreffenden Substanzen Zersetzungsvorgänge an abgestossenen Zellen und an Zellhäuten eine massgebende Rolle spielen. Die genannten Autoren fanden den Keimwasserrückstand nach 8 Tagen Keimung gleich 0,47 % der Samentrockensubstanz, nach 13 Tagen 0,84 %. Die Gesammtstickstoffbestimmung des Rückstandes ergab 0,007 g N (auf 3,404 g N der Samen) und 0,035 g Asche (auf 1,403 g Asche aus den trockenen Samen).

Bekannt sind die hier ebenfalls zu nennenden Versuche,

---

1) E. Schulze, W. Umlauft und A. Urich, Untersuchungen über einige chemische Vorgänge bei der Keimung der gelben Lupine. Landwirthsch. Jahrbücher (Thiel), Bd. V (1876), p. 828.

welche verschiedene Autoren [de Vries[1]), Pfeffer[2]), Detmer[3]), Boussingault[4])] bezüglich einer etwaigen Diffusion von Zucker aus Wurzeln in ein umgebendes Medium anstellten, und die zu negativen Resultaten führten. Werthvolles Material bieten bezüglich der Diffusionsverhältnisse aus Wurzeln mehrere Untersuchungen von Knop[5]), welche sich auf Wasserkulturen beziehen, bei denen die Nährsalzlösung durch destillirtes Wasser ersetzt wurde und hierauf die an das Wasser abgegebenen Substanzen analytisch bestimmt wurden. Auch Knop fand bei Kresse organische Substanzen ausgeschieden, deren Nachweis mittels Verkohlung geführt wurde. Maispflanzen schieden an Mineralstoffen Kali, Kalk, Phosphorsäure, Talkerde, ersteres in grösster Menge (0,0194 g in 25 Tagen) aus. Bohnen gaben an Wasser innerhalb der ersten drei Tage nur äusserst spärliche Mengen Mineralsalze, nach fünf Tagen aber reichlicher ab. Es fanden sich Kali, Kalk, Ammon, in Form von Sulfat und Phosphat, Phosphorsäure am meisten. Ausserdem wurde die Gegenwart einer Kohlenstoffverbindung sicher gestellt, die in Essigsäure unlöslich war, mit Barytsalzen einen in Salzsäure löslichen Niederschlag gab, und welche Knop als Legumin anspricht. Auch bei diesen Bestimmungen war keine Sonderung der wirklich aus lebenden Zellen diffundirten Stoffe von jenen, die aus abgestossenen Haubenzellen und alten Wurzelhaaren stammten, durchführbar, und der Befund des Legumins speciell scheint auf einen erheblichen Antheil der genannten Formelemente an dem analytischen Ergebniss hinzudeuten. Möglicher Weise spielt Aehnliches bei der erwähnten Zunahme der Mineralsalze nach einigen Tagen eine Rolle, und überhaupt liess sich da die Ursache des steigenden Salzgehaltes nicht unbedingt durch einen einzigen Factor erklären. Bemerkt muss aber werden, dass gemäss den bekannten Thatsachen der Turgorregulirung nach Concentrations-

---

1) De Vries, Sur l. permeab. d. protopl. des betteraves rouges. Arch. Néerland., 1871, Bd. VI.

2) W. Pfeffer, Osmotische Unters., 1877, p. 158; Landwirthsch. Jahrb., Bd. V (1876), p. 125.

3) W. Detmer, Journal f. Landwirthsch., 1879, Bd. 27, p. 382.

4) J. Boussingault, Agronomie (1874), Bd. 5, p. 309.

5) W. Knop, Landwirthsch. Versuchsstat., Bd. IV (1862), p. 176—178.

änderungen des Mediums in der ersten Zeit eher eine grössere Zunahme der exosmosirenden Salze gegenüber den späteren Tagen, als eine langsamere erwartet werden könnte.

Die Beobachtungen, welche Liebig[1]) und Sachs[2]) bezüglich der Corrosion von Kalkgeschieben und Marmorplatten durch Pflanzenwurzeln veröffentlicht hatten, gaben zwar zu sehr vielen vermuthungsweise aufgestellten Ansichten Anlass; jedoch bis in die neueste Zeit waren experimentelle weitere Untersuchungen ausstehend. Meist dachte man an organische Säuren, deren Gegenwart, wenigstens in Form ungesättigter (saurer) Salze, in den Geweben der Wurzeln schon lange bewiesen war. In bestimmter Weise hat erst Goebel[3]) die Existenz von Ameisensäure im Wurzelkulturwasser von *Hordeum* und *Lepidium* durch Versuche sicher gestellt, ein Befund, welchen ich thatsächlich bestätigen konnte, wenn auch die Säure wohl nicht in freiem Zustande zugegen sein dürfte.

Bei der Durchsicht dieses bisher gesammelten Versuchsmaterials ist vor Allem zu bemerken, dass relativ sehr wenige Arten, fast nur Kulturpflanzen, untersucht worden sind, und es ist a priori zu vermuthen, dass sich bei weiter gehenden Untersuchungen Differenzen bei den verschiedenen Pflanzen ergeben werden. Es fehlt ferner eine kritische Untersuchung, welche von den gefundenen Substanzen thatsächlich aus lebenden Wurzelzellen abgeschieden wurden, und welcher Antheil auf Rechnung der Zersetzungsvorgänge an Zellhäuten, beschädigten und abgestossenen todten Zellen zu setzen ist. Quantitative Bestimmungen in allen Fällen auszuführen lag nicht in meiner Absicht. Dieselben sind der geringen Substanzmenge wegen öfters misslich, und andererseits handelte es sich vorläufig ja nur darum, möglichst vollständig und genau die ausgeschiedene[illegible]stanzen qualitativ nachzuweisen, und die Versuchsanordnu[illegible] Ziele anzupassen. Die vorgenommenen Analysen der [illegible]sscheidungen waren deswegen grösstentheils mikro[illegible] Kulturmethode der Keimpflänzchen war [illegible]

1) J. v. Liebig, Chem. Briefe, p. 273 und A[illegible] Bd. 105, p. 139 (1858).

2) J. Sachs, Botan. Zeitung 1860, p. [illegible]

3) K. Goebel, Pflanzenbiolog. Schilderu[illegible]

möglichst wenig Flüssigkeit zu arbeiten. Die jungen Würzelchen lagen in bestimmten Versuchen auf feuchtem Filtrirpapier (aschefreie analytische Filter), in anderen Versuchen tauchten sie in eine in Deckeln von flachen Glasdosen befindliche geringe Wassermenge, während die Samen auf einem darüber gespannten feinen Netz[1]) zur Keimung gebracht worden waren. Die Keimung fand im dunklen dampfgesättigten Raume statt. War Filterpapier zur Aufsaugung der ausgeschiedenen Stoffe verwendet worden, so wurden behufs Analyse diejenigen Stellen, an welchen Wurzeln angelegen waren, sorgfältig ausgeschnitten und die Papierstückchen in einem Platinschälchen in einer möglichst geringen Menge destillirten Wassers ausgekocht. Selbstverständlich war hierbei stets ein Controlversuch mit Stückchen desselben Filters, die nicht vorher mit Wurzeln in Berührung gestanden waren, nöthig. Waren die Keimwurzeln in Wasser kultivirt worden, so wurde die filtrirte, eventuell bis auf 1 cm^3 eingeengte Flüssigkeit direct mikroskopisch analysirt. In bestimmten Fällen, z. B. bei der Untersuchung auf Oxalsäure, musste die Concentrirung durch Abdampfen unterbleiben, indem sich die betreffenden Substanzen in verdünnter Lösung in der Wärme leicht zersetzten. Dann geschah der Nachweis in der Art, dass mit den herausgeschnittenen Papierstücken auf dem Objectträger die Reactionen direct vorgenommen wurden. Ebenso geschah es bei Untersuchung auf flüchtige Substanzen. Natürlich war das Ergebniss der Analyse stets dahin zu prüfen, ob überhaupt Diffusion der betreffenden Stoffe aus lebenden Wurzelzellen denkbar sei, und ob sich nicht der Einwand machen lasse, dass diese Substanzen hauptsächlich aus abgestossenen Zellen stammen. Dabei war die mikrochemische Untersuchung der lebenden W[illegible]n selbst [illegible]ssgebend, und es musste die Wahrscheinlich[illegible] aus der Vertheilung der betreffenden Sto[illegible]en, in den abgestossenen Zellen und a[illegible]er letzteren erschlossen werden. Wie [illegible]ngen hervorgehen wird, ist eine

—

[illegible] befindliche Stoffe von kleinerer [illegible]angener entsprechender Präparation

welche aus primärem Phosphat bei raschem Verdunsten der Lösung entstehen. Auch giebt Baryumchlorid keinen Niederschlag.

Dass das Monokaliumphosphat der Kulturflüssigkeit nicht aus abgestossenen, nicht mehr normalen Zellen der Wurzeln, sondern aus lebenden Zellen diffundirt, lässt sich mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit behaupten. Es spricht dafür, dass die abgestossenen Massen von Haubenzellen, überhaupt die ganze Wurzelspitze, also jene Region, welche die meisten Zellen abstösst, auf Lakmuspapier zerdrückt, viel weniger sauer reagirt, als die Wurzelhaare führende Zone, deren Rindenzellen und Wurzelhaare Lakmuspapier stark röthen. Es lenkt sich daher auf die letztgenannten Zellen der Verdacht, der Ursprungsort des im Wurzelwasser enthaltenen Phosphates zu sein. In diesen Zellen lässt sich auch mikrochemisch Kali und Phosphorsäure nachweisen. Jedenfalls ist es also am wahrscheinlichsten, dass das herausdiffundirte Phosphat aus den Rindenzellen der Wurzelhaarregion, sowie aus den Wurzelhaaren selbst stammt; es handelt sich somit um Diffusionsvorgänge aus lebenden Zellen.

Schwefelsaures Salz konnte ich bis auf einen zweifelhaften Befund bei *Centaurea Cyanus* nirgends nachweisen. Es könnte jedoch daran der Mangel einer sicheren und empfindlichen mikrochemischen Probe die Schuld tragen.

Von organischen Verbindungen gelang es mir ein einigermassen regelmässiges Vorhandensein in den Wurzelausscheidungen nur von Ameisensäure ausser Zweifel zu stellen. Mehrfach existiren Angaben in der Literatur, dass aliphatische Säuren von Wurzeln ausgeschieden werden. So hatte Becquerel[1]), später Oudemans und Rauwenhoff[2]), sodann (wohl auf diesen Angaben fussend) auch Liebig[3]) behauptet, dass sich Essigsäure in den Ausscheidungen vorfinde. Boussingault[4]) hatte hin-

1) Becquerel, Liebig's Annalen Bd. VIII, 1833, p. 104 und Guillemin's Archives de Botanique, I (1833), p. 385.

2) A. C. Oudemans, jun. en Dr. N. W. P. Rauwenhoff, Linnaea, Bd. 30 (1859/60), p. 220, 222.

3) J. Liebig, Die Chemie in ihrer Anw. etc., 7. Aufl. (1862), Bd. II, p. 7.

4) J. B. Boussingault, Die Landwirthschaft in ihren Beziehungen zur Chemie. Deutsch von Dr. N. Graeger. 2. Aufl., Halle 1851, Bd. I, p. 24.

gegen Milchsäure als in Wurzelausscheidungen vorkommend angegeben. Eine von Knop[1]) herrührende Notiz, welche das Vorkommen von buttersaurem Salz im Quellungswasser von Erbsen betrifft, gehört wohl nicht hierher, sondern bezieht sich auf Diffusion aus den Kotyledonen beim Quellungsvorgang. Wie bereits erwähnt, hat vor wenigen Jahren Goebel[2]) seinerseits das Vorkommen von Ameisensäure im Keimwasser von Kresse und Gerste behauptet. Essigsäure oder Milchsäure nun konnte ich in keinem von mir untersuchten Falle constatiren. Versuche nach Angabe Becquerel's, aus dem Wurzelwasser Bleiacetat darzustellen, führten zu negativem Ergebniss. Ebensowenig gelang es, aus den Proben Zinklactat darzustellen. Ameisensäure lässt sich aber auch mikrochemisch auffinden. Wurde zu dem eingeengten Wurzelwasser Sublimatlösung zugesetzt und auf 70—80° C. erwärmt, so erhielt ich regelmässig, bald intensiver, bald schwächer, je nach der untersuchten Pflanzenart, einen weissen Niederschlag, in Salzsäure unlöslich, in sehr kleinen Würfeln, der somit als Calomel angesprochen werden darf. Ein eingedunsteter Tropfen mit Eisenchlorid bedeckt gab beim Wurzelwasser von Gerste und Kresse einen rothbraunen Rand. Eine Probe, welche die Wurzelausscheidungen von Gerste (etwa 30 Keimlingen acht Tage lang kultivirt) enthielt, im Platintiegel verdunstet, sodann mit Alkohol und einigen Tropfen Schwefelsäure erwärmt, liess den arakähnlichen Geruch des Ameisensäure-Aethylesters erkennen. Silbernitrat wird von dem Kulturwasser in neutraler und saurer Lösung stark beim Erwärmen reducirt.

Es wurden nun auch quantitative Ameisensäurebestimmungen in Keimwasser vorgenommen. Zu diesem Behufe wurden Kulturen angelegt in flachen Glasschalen, welche mit einem feinen Netz zur Aufnahme der keimenden Samen überspannt waren. Ich verwendete zu diesen Versuchen *Hordeum* und *Lepidium*. 300 Samen wurden auf dem Netz je einer Schale zur Keimung gebracht und je 250 cm³ destillirtes Wasser, dem 5 cm³ gesättigten Kalkwassers zugesetzt waren, befanden sich in der Schale. Die

---

1) W. Knop, Landwirthschaftl. Versuchsstationen, VI (1864), p. 86.

2) K. Goebel, Pflanzenbiolog. Schilderungen, Bd. II (1891), p. 211.

Vorrichtung stand 9—10 Tage im dampfgesättigten, dunklen Raum; die Wurzeln tauchten bereits vom zweiten Tage der Keimung an in das Wasser ein, so dass sie 7—8 Tage lang ihre Ausscheidungen an die Flüssigkeit abgeben konnten. Nach Ablauf dieser Zeit wurden die Pflanzen herausgenommen, ihre Wurzeln sanft und ausgiebig abgespült; die Flüssigkeit sammt Spülwasser auf ein Volumen von 30 cm^3 eingeengt, nachdem sie vorher neutralisirt worden war; die eingeengte Flüssigkeit filtrirt und das Filtrat mit 5 cm^3 kaltgesättigter, wässeriger Quecksilberchloridlösung[1]) sechs Stunden lang auf dem Wasserbade erhitzt. Der entstandene Niederschlag wurde absitzen gelassen, durch ein gewogenes Filter filtrirt, auf dem Filter chlorfrei gewaschen, bei 98° C. getrocknet und gewogen. Die Calomelmenge war eben hinreichend gross, um eine genaue Wägung zu ermöglichen. Sie betrug in den angeführten Bestimmungen (15 an der Zahl) 3—4 mg, was rund einer Menge von 0,3—0,4 mg ausgeschiedener Ameisensäure entspricht[2]).

Ameisensaurer Kalk in neutraler Lösung ist jedoch eine sehr zersetzliche Substanz[3]). Da nun in den obigen Versuchen Fäulnissorganismen natürlich nicht ausgeschlossen waren, und die Flüssigkeit, in welcher die Wurzeln wuchsen, nur ganz schwach alkalisch oder später neutral reagirte, so lag der Verdacht nahe, ob nicht ein ansehnlicher Theil der producirten Ameisensäure in dem Kulturmedium wieder zerstört worden sei und sich der analytischen Bestimmung entzogen habe. Um diese Frage zu entscheiden, wandte ich mich an Versuche, in denen mit sterilen Keimpflanzen gearbeitet wurde und demnach eine Verminderung von Ameisensäure durch Mikroorganismen ausgeschlossen war. Die dabei befolgte Methode, welche sich auch in anderen, später zu beschreibenden Versuchen ausgedehnt

---

1) Ueber die Methode: Scala, Gazzetta chim. ital., XX, p. 393 (1890), sowie A. Lieben, Ueber Bestimmung von Ameisensäure. Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss., math.-nat. Kl., 102. Bd., IX. u. X. Heft, 1893 (Nov. u. Dec.), Abth. IIb, p. 717—725 (Wien).

2) Die Reaction verläuft nach dem Schema $KCOOH + 2\,HgCl_2 = 2\,HgCl + KCl + HCl + CO_2$, woraus sich ergiebt, dass 1 g Calomel 0,0975677 g Ameisensäure entspricht, also rund 10 mal mehr ist als die vorhandene Ameisensäure.

3) Vergl. Hoppe Seyler, Physiolog. Chemie, I, p. 125 (1877).

verwenden liess, war folgende. Benutzt wurde ein Keimapparat, welcher aus zwei etwa 2 cm weiten und 15—20 cm langen, an einem Ende ausgezogenen Glasröhren bestand, die sorgfältig passend mittels eines 20 cm langen, über die schmalen Theile der Röhren gezogenen Gummischlauches verbunden waren[1]). In ein Rohr kam eine Platinspirale, welche dazu bestimmt war, die keimenden Samen zu tragen. Der Keimapparat wurde nun mit der Kulturflüssigkeit (10 cm^3 concentrirtes Kalkwasser auf 200 destillirtes Wasser oder destillirtes Wasser allein) soweit gefüllt, dass das Niveau in beiden Röhren etwa 3 cm im weiten Theile hoch stand; dann wurden die noch offenen weiten Mündungen beiderseits mittels Wattepfropf verschlossen und die Keimapparate wurden im Koch'schen Dampfsterilisirapparat zweimal zu je 2—3 Stunden bei 100° C. sterilisirt. Bevor nun die Samen in den Apparat gelangten, wurden dieselben in folgender Weise sterilisirt. Die Maiskörner, für welche die angegebenen Dimensionen des Keimapparates bestimmt waren, wurden zuerst mit scharfer Nagelbürste (besonders an der Anheftungsstelle der Körner am Fruchtkolben) so lange trocken geputzt, als sich noch trockene Gewebstheile ablösten. Hierauf wurden sie angefeuchtet und mit Seife und scharfer Bürste 3—5 Minuten hindurch bearbeitet. Nach Abspülung der Seife wurden die Maiskörner auf 15 Minuten in vorher gut ausgekochtes, noch etwa 25—30° C. warmes destillirtes Wasser gebracht, um die noch anhaftende Luft von der Schale zu entfernen. Sodann brachte ich die Samen auf zwei Minuten in 1 ‰ Sublimatlösung, aus der sie direct mit ausgeglühten Instrumenten in den sterilisirten Keimapparat auf die darin befindliche Platinspirale gebracht wurden. Ein Apparat wurde mit 1—2 Samen beschickt. Die auf einem Stativ angebrachten beschickten Keimapparate wurden nun so gestellt, dass durch Heben des leeren Rohres die Samen für 24 Stunden untergetaucht wurden. Am folgenden Tag wurde das leere Rohr jedes Apparates so weit gesenkt, dass die Samen auf der Platinspirale liegend gerade die Flüssigkeitsoberfläche

1) Ich lehnte mich bei der Construction dieser kleinen Apparate an einen von Kochs Biolog. Centralblatt, 1894, No. 15 beschriebenen grösseren Keimapparat an.

berührten. Die Apparate standen nun im Dunkelschrank. Die Samen keimten genau binnen derselben Zeit wie sonst, und die jungen Pflanzen entwickelten sehr kräftige Wurzelsysteme. Zur Controle der Sterilität wurde von jeder Pflanze abgeimpft und Gelatineplatten angelegt. Als ich die Versuche wiederholt angestellt und promptes Arbeiten mit den Keimapparaten gelernt hatte, geschah es nur ausnahmsweise, dass Schimmelpilzsporen oder Spaltpilzkeime in einen Apparat hineingelangten.

Die Ameisensäurebestimmungen, welche mit dem Kulturwasser einer Anzahl kräftig entwickelter steriler Maiswurzeln unternommen wurden, im Vergleich zu nicht sterilen Versuchen, ergaben allerdings ein Plus an Ameisensäure, und zwar nahezu doppelt so viel. Während nicht sterile gleiche Kulturen 3—4 mg Calomel lieferten, ergaben die sterilen durchschnittlich 7 mg, entsprechend 0,7 mg Ameisensäure. Die gefundene Menge war aber demnach noch immer sehr klein.

Die beschriebenen Versuche lassen es unentschieden, ob die Wurzeln etwa freie Ameisensäure oder ob sie Kaliumformiat ausscheiden. Um freie Säure dürfte es sich aber nicht handeln. Denn kocht man eine Probe Kulturflüssigkeit von Wurzeln, die in destillirtem Wasser gezogen waren, andauernd, so wird, wie der Ausfall der Calomelprobe vor und nach dem Kochen lehrt, der Gehalt an Ameisensäure nicht vermindert. Freie allfällig vorhandene Ameisensäure müsste mit dem Wasserdampf fortgegangen sein. Fängt man die beim Kochen übergehenden Dämpfe im Liebig'schen Kühler ab, so kann man sich davon überzeugen, dass weder die ersten noch die folgenden Tropfen sauer reagiren, noch andere Ameisensäurereactionen geben. Setzt man aber der Flüssigkeit eine Spur freier Ameisensäure zu, so ist die Anwesenheit der letzteren im Destillat sofort nachzuweisen. Ich meine daher, dass seitens der Wurzeln nur ameisensaures Salz (am wahrscheinlichsten Kaliumformiat) ausgeschieden wird und nicht die freie Säure.

Mit dem gelieferten Nachweis, dass die Wurzeln Ameisensäure ausscheiden, klärt sich die von Molisch[1]) besprochene

---

1) H. Molisch, Ueber Wurzelausscheidungen. Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss., math.-nat. Kl., Bd. 96, I. Abth. (1887), p. 85 (Wien).

Reduction von verdünnter Kaliumpermanganatlösung durch darin vegetirende Wurzeln einigermassen auf. Es ist ja bekannt, dass freie Ameisensäure sowie deren Salze Chamäleonlösung rasch entfärben. Gewiss ist aber noch nicht damit bewiesen, dass ausser dem Formiat nicht noch gleichartig wirksame, derzeit der Untersuchung noch entgangene Stoffe diese Reaction bedingen. Erwähnt sei noch, dass bereits Vines[1]) die Entfärbung von Permanganatlösung auf die von den Wurzeln ausgeschiedene Säure bezogen hatte; doch war diesem Forscher die Existenz von Ameisensäure im Wurzelsecret noch nicht bekannt gewesen. Was die bereits von Sachs[2]) vor längerer Zeit angegebene Braunfärbung von Wurzeln durch Eintauchen derselben in concentrirtere Kaliumpermanganatlösung anbetrifft, so dürfte bei dieser Erscheinung wohl nicht die Ameisensäure in Betracht kommen, sondern vor Allem die Reaction der getödteten Zellen mit der genannten Lösung. Die Erscheinung zeigt vor Allem, dass das Permanganat in die Wurzelzellen leicht eindringt und durch Tödtung der oberflächlichen Zellen tiefgreifende Veränderungen in deren Inhalt hervorruft.

Wir haben nun weiter der Frage näher zu treten, ob das gefundene Formiat in der Wurzel bereits als solches vorkommt, oder ob es ein Spaltungsproduct von in den Wurzeln befindlichen Substanzen ist, z. B., was ebenfalls noch nicht ausgeschlossen ist, ein Zersetzungsproduct aus den Kohlehydraten der Membranen abgestossener Zellen darstellt. Als ich fein zerriebene, getrocknete Maiswurzeln mit etwas verdünnter Weinsäure in strömendem Wasserdampfe destillirte[3]), konnte ich im Destillate reichlich Ameisensäure nachweisen. Daraus war zu schliessen, dass jedenfalls nicht allein eine blosse successive Production kleiner Ameisensäuremengen stattfindet, wie sie etwa durch Zersetzungsprocesse vermittelt würde, sondern dass gewiss eine grössere Menge Ameisensäure in der Wurzel vorgebildet ist. Tödtet man ferner Keimlinge mit Chloroform und taucht ihre Wurzeln mehrere Tage hindurch in Wasser ein, unter gleichzeitiger Vornahme

1) S. H. Vines, Lectures on the Physiology of Plants, Cambridge 1886, p. 55.

2) J. Sachs, Landwirthschaftl. Versuchsstat., Bd. II (1860), p. 24.

3) Verfahren nach Schloesing. Hierüber vergl. man: E. Bergmann, Botan. Zeitung, 1882, p. 737.

eines Controlversuches mit gesunden gleichen Wurzeln, so ergiebt sich ein deutlicher Unterschied der Flüssigkeiten bezüglich der Reaction auf Ameisensäure. Die gesunden Wurzeln haben mehr Formiat producirt als die todten. Dies spricht ebenfalls zu Ungunsten der Annahme, dass das Formiat aus zersetzten, abgestossenen Zellen stammt.

Dass Formiat in lebenden Wurzelzellen vorkommt, kann man durch eine mikrochemische Methode zeigen, und auch zugleich dadurch die Localisation der Ameisensäure in den Geweben feststellen. Ich benutzte dazu ebenfalls die Reduction von Quecksilberchlorid durch Formiate zu Calomel, eine Reaction, welche ausser der Ameisensäure meines Wissens nur noch der schwefeligen, phosphorigen und unterphosphorigen Säure, sowie dem Zinnchlorür zukommt, also Substanzen, welche in pflanzlichen Geweben sich nicht finden. Zur besseren Sichtbarmachung des Niederschlages und zur Charakterisirung des Calomels wurde noch dessen Eigenschaft benutzt, nach Kalizusatz sich unter Abscheidung fein zertheilten Quecksilbers und Quecksilberoxyduls zu zersetzen. Diese Reaction auf Ameisensäure ist deswegen auch sehr werthvoll, weil sie weder durch die Anwesenheit saurer organischsaurer Salze oder deren freier Säuren, noch durch saures Phosphat, Kohlehydrate, organische Basen beeinflusst wird, und sowohl mit freier Ameisensäure als mit deren Salzen gelingt. Nur Salzsäure darf in grösseren Mengen nicht zugegen sein, ein Fall, der aber in Pflanzenzellen nicht leicht realisirt sein wird. Die Methode, die sich als die beste empfahl, war folgende. Die Wurzeln wurden in ganzen Stücken in verdünnter Sublimatlösung (conc. Lösung auf das 5—10fache verdünnt) auf dem Wasserbad 1—2 Stunden lang erhitzt. Sodann wurden sie erst mit reinem Wasser, dann mit salzsäurehaltigem Wasser sorgfältig ausgewaschen, um das überschüssige Sublimat und etwa vorhandene in Salzsäure lösliche Quecksilberniederschläge zu entfernen. Dann wurden sie auf einige Minuten in gelind erwärmte, 1procentige Kalilauge getaucht, und in den formiathaltigen Theilen trat sofort Schwärzung ein. Selbstverständlich muss bei allen nöthigen Manipulationen die Benutzung von Metallinstrumenten vermieden werden. Bei verschiedenen untersuchten Wurzeln fiel es auf, dass die Wurzelspitzen schon

makroskopisch am tiefsten schwarz gefärbt waren. Die mikroskopische Untersuchung ergab bezüglich der Localisation des Niederschlages Folgendes. Bis auf Spuren waren die Wurzelhaare ganz frei. Der Hauptheerd der Reaction befand sich in dem jungen Gewebe der Spitze, sowohl im Plerom als in der jungen Epidermis. Die allerjüngsten Zellen und die Wurzelhaube waren aber wieder frei von Niederschlag. Weiter hinauf gegen die Streckungszone der Wurzeln befand sich in den Parenchymzellen noch niedergeschlagenes Quecksilber, nicht aber in der Epidermis. Von derjenigen Region ab, welche bereits vollständig ausgebildete Gefässe enthält, fehlte der schwarze Niederschlag gänzlich[1]).

Auf weitere Details will ich hier noch nicht eingehen, indem ich mir fernere Untersuchungen noch vorbehalte. Es sei nur noch bemerkt, dass die Quecksilberkörnchen nicht im Zellsaft, sondern im Plasma lagen, und der Zellkern von Niederschlag frei war. Der Zellinhalt ist durch das kochende Sublimat sehr gut fixirt.

Die durch diese Versuche constatirte Localisation der Ameisensäure in der Wurzel ist eine neue Stütze für die Anschauung, dass die geringe nach aussen abgegebene Formiatmenge aus lebenden Zellen, und zwar aus relativ jugendlichen Geweben, diffundirt.

Oxalsäure konnte ich als vereinzeltes Vorkommen im Wurzelsecret von *Hyacinthus orientalis* (in Wasser gezogen) constatiren, sonst niemals. Doch ist bei weiteren Untersuchungen vielleicht noch eine Entdeckung dieser Säure bei anderen Pflanzen zu gewärtigen. Die Ausscheidungen von Hyacinthenwurzeln reagiren stark sauer. Wenn man die saure Flüssigkeit eindampft, so findet man eine Abnahme der sauren Reaction und schliesslich gänzliches Verschwinden derselben. Leicht lässt sich dies durch Zusatz weniger Tropfen Lakmustinctur controliren. Dabei

---

1) Beiläufig sei bemerkt, dass sich die Localisation des Traubenzuckers h der A. Meyer'schen Methode untersucht) ganz anders stellt, als die der nsäure, indem gerade jene Spitzenregion, welche den stärksten Quecksilberhlag giebt, keine nachweisbare Menge Kupfersalz reducirt und nur starke action giebt.

entweicht aber keine Säure, wie man sich durch Versuche im geschlossenen Apparat mit Vorlagen überzeugen kann, und Kohlensäure ist wegen der bleibenden Röthung blauen Lakmuspapiers durch das Wurzelsecret a priori bereits ausgeschlossen. Es bleibt keine andere Annahme übrig, als dass die vorhandene Säure das rasche Abdampfen unzersetzt nicht übersteht. Eine sehr verdünnte Oxalsäure oder Citronensäure verhält sich nun genau so. Versetzt man eine mit Lakmus gefärbte Probe Wassers mit ganz verdünnter Oxalsäure bis zur weinrothen Farbe und engt dann rasch ein, so sieht man alsbald die rothe Färbung wieder einer violetten Platz machen. Mit Citronensäure geht dies ebenso. Beide Säuren sind jedoch nur in sehr verdünnter Lösung leicht bei höherer Temperatur zersetzlich, in concentrirterer vertragen sie andauerndes Erhitzen[1]). Zur Sicherstellung, um welche Säure es sich in dem Secret der Hyacinthenwurzeln handelt, musste ich daher unter Vermeidung von Erwärmen die Reactionen vornehmen.

Am besten ist es, die Wurzeln einige Tage lang an blauem Lakmuspapier wachsen zu lassen, die entstandenen rothen Flecke sodann herauszuschneiden und mit den kleinen Papierstückchen direct die nöthigen Reactionen auf dem Objectträger vorzunehmen. Selbstverständlich müssen mit nicht gerötheten Papierstückchen stets Controlproben vorgenommen werden. Man constatirt so: Gegenwart von Kali, Abwesenheit von Phosphorsäure; mit Calciumacetat entsteht ein aus sehr kleinen undeutlichen Krystallen bestehender Niederschlag, welcher sich in Essigsäure nicht löst, nicht zu unterscheiden von jenem Niederschlag, welcher mit Kalksalz in verdünnter Oxalsäurelösung entsteht. Es dürfte sich um die Gegenwart von saurem Kaliumoxalat und nicht um freie Oxalsäure handeln. Wenigstens spricht die Gegenwart von Kali und die Abwesenheit anderer Säuren dafür. Vollkommen sicher ist es aber nicht zu sagen und nur auf anderem Wege zu entscheiden. Bemerken will ich noch, dass die Wurzeln gerade

---

1) C. Wehmer (Ber. d. deutsch. botan. Gesellsch., IX [1891], p. 218) fand, dass bereits 0,8 procentige Lösung sich ohne Verlust durch Hitze sterilisiren lässt. Damit stimmt auch die (freilich nur qualitative) meinerseits gemachte Beobachtung, dass durch Oxalsäurezusatz hellroth gefärbte, lakmushaltige Proben ihre Färbung beim Einengen nicht merklich verändern.

bei oxalsäurereichen Pflanzen (ich untersuchte *Rumex Acetosa* und *Oxalis tropaeoloides*) nicht Oxalat ausscheiden.

Die Stoffe, welche Wurzeln an das umgebende wässerige Medium abgeben, sind somit im Wesentlichen Kalisalze: Chlorid, Phosphat, Formiat, Oxalat. Dieselben diffundiren aller Wahrscheinlichkeit nach aus lebenden Zellen heraus und sind also keineswegs seitens abgestossener, bereits abnorm gewordener Gewebselemente producirt. Bisher scheint man geneigt gewesen zu sein, die Wurzelhaare als die Theile der Wurzel zu betrachten, welche besonders Substanzen nach aussen abgeben; offenbar geleitet durch die erwähnte Beobachtung feiner Tröpfchen an den Haaren von Wurzeln, welche im dampfgesättigten Raume sich befinden[1]). Die obigen Darlegungen stellen aber mindestens die allgemeine Gültigkeit dieser Anschauung in Frage. So scheiden nach unseren Erfahrungen die bekanntlich in Wasserkultur gänzlich haarlosen Hyacinthenwurzeln stark saures Secret ab, welches hier aus Rinden- oder Epidermiszellen stammen muss. Für das abgeschiedene Phosphat können bei anderen Pflanzen die Rindenzellen ebenso gut die Ursprungsstelle sein wie die Wurzelhaare, wenn man an der sauren Reaction der Zellsaftflüssigkeit einen Anhaltspunkt sieht. Man kann durch Methylorange bei Bohnenwurzeln sowohl im Rindenparenchym als in den Wurzelhaarzellen schöne Lebendfärbungen erzielen, welche zeigen, dass das gelbgefärbte Plasma allenthalben nicht sauer reagirt. Durch rasche „anormale“ Plasmolyse mit congorothhaltiger, 10procentiger Salpeterlösung aber lässt sich eine bläulichrothe Färbung des aus zersprengten Vacuolenhäuten austretenden Zellsaftes deutlich nachweisen; damit ist auch an der lebenden Zelle dargethan, dass der Zellsaft hier sauer reagirt. Das ausgeschiedene Formiat andererseits stammt, wie die oben angeführte mikrochemische Untersuchung lehrt, wohl aus ganz jungen Wurzeltheilen und nicht aus der Wurzelhaarregion oder gar aus den Haaren selbst. Es sei noch der Vollständigkeit halber erwähnt, dass bereits Knop[2]) in der Wurzelspitze das Vorhandensein reducirender Körper vermuthet hatte, weil er in Wasserkulturen mitunter

1) Molisch, l. c., p. 20.
2) W. Knop, Kreislauf des Stoffes, Leipzig 1868, Bd. I, p. 613.

eine Schwärzung des Eisenniederschlages an jenen Stellen, an denen derselbe mit Wurzelspitzen in Berührung kam, beobachtete. Natürlich kann dieser supponirte Körper mit Ameisensäure nicht identisch sein. Die von Knop gesehene Erscheinung aber dürfte sich, wie bereits zum Theil Stohmann[1]) angab, damit erklären, dass die Nährsalzlösung alkalisch geworden war, die Wurzelspitzen in Folge dessen bereits gelitten hatten und abstarben, und nun auf den todten Pflanzentheilen Schwefelwasserstoff producirende Organismen sich etablirten, wobei Schwefeleisen gebildet werden musste.

Bezüglich des Vorkommens der angegebenen exosmosirenden Salze zeigten die verschiedenen untersuchten Keimpflanzen eine ziemliche Uebereinstimmung. Nur bezüglich der Intensität der sauren Eigenschaften waren bedeutende Differenzen hier und da zu constatiren. Ich gebe im Nachfolgenden eine kurze Uebersicht über die im Einzelnen erhaltenen Resultate.

Pflanzenspecies	In den Wurzelausscheidungen waren nachweisbar
Phaseolus multiflorus .	K, Mg, Cl (wenig), P_2O_5, CO_2H_2 (auch mittels Fe_2Cl_6);
Pisum sativum . . .	wie *Phaseolus;*
Helianthus annuus . .	K, P_2O_5 (wenig) (nur schwach sauer);
Cucurbita Pepo . . .	K, Ca (Spur), Mg, P_2O_5, Cl, CO_2H_2 (?) (saure Reaction nicht beobachtet);
Zea Mays	} K, P_2O_5, CO_2H_2;
Hordeum sativum . .	
Perilla nankingensis . .	K, Mg, P_2O_5 (sehr reichlich), CO_2H_2;
Rumex Acetosa . . .	K, P_2O_5 (reichlich), Mg, Oxalat fehlt!
Capsicum annuum . .	K, P_2O_5 (wenig);
Solanum lycopersicum .	K, P_2O_5 (mässig viel);
Heracleum lasypetalum .	K, P_2O_5 (wenig);
Amarantus caudatus . .	ebenso;
Impatiens Balsamina .	K, P_2O_5 (ziemlich viel), Reaction stark sauer;
Linum usitatissimum .	Reaction nur schwach sauer oder neutral, dieselben Stoffe, P (wenig);

1) F. Stohmann, Annalen d. Chemie u. Pharmacie, Bd. 121 (1862), p. 312.

Pflanzenspecies	In den Wurzelausscheidungen waren nachweisbar
Picea excelsa	KH_2PO_4 (reichlich), CO_3H_2, stark sauer;
Atriplex nitens . . .	andere Stoffe als K und Spur P_2O_5 nicht nachgewiesen, nur sehr wenig saure Reaction;
Aconitum Napellus . .	
Oxalis tropaeoloides . .	
Ricinus communis . .	K, Mg, P_2O_5, CO_3H_2 (?);
Lupinus angustifolius .	K, Mg, Ca, P_2O_5 (viel), stark sauer;
Centaurea Cyanus . .	K, Mg, Ca (Spur), P_2O_5 (?), CH_2O_2, K_2SO_4 (?).

Lässt man die Wurzeln in verdünnten Salzlösungen durch mehrere Tage verweilen und untersucht hierauf die Qualität der abgeschiedenen Substanzen, so kann man gegenüber den Versuchen mit reinem Wasser keinen Unterschied feststellen. Andere Salze als die oben eruirten kommen niemals in den Ausscheidungen nachweisbar vor und die ausgeschiedenen sind die gleichen. Damit im Einklang stehen Beobachtungen von Knop[1]), welche sich freilich auf ganze Erbsensamen, welche in Salzlösungen lagen, beziehen. Auch da waren die Differenzen in den abgeschiedenen Stoffen nur quantitative. Auf den Einfluss der exosmosirenden Substanzen auf die Salze der Nährlösung im Vereine mit der Stoffaufnahme und Auswahl werden wir noch zurückzukommen haben.

Cap. II. Abgabe von Gasen.

Hier sei nur kurz auf die schon den älteren Physiologen[2]) wohlbekannte Abgabe von Kohlensäure seitens der Wurzeln hingewiesen. Die Kohlensäure ist jedenfalls derjenige Körper, der

1) W. Knop, Landwirthschaftl. Versuchsstat., VI (1864), p. 86 ff.

2) Schon Murray, Edinb. phil. Journ., XIV (cit. nach Treviranus, Physiologie II, p. 111) beobachtete im Kulturwasser von Hyacinthen Sättigung mit CO_2. Wiegmann (Meyen's Jahresbericht üb. d. Res. d. Arbeiten im Felde der physiolog. Botanik, 1834) wies darin die CO_2 durch Kalkwasser nach. Von Wiegmann und Polstorff (Ueber die anorgan. Bestandtheile der Pflanzen, Braunschweig 1842) wurde der Versuch der Bläuung der mit Lakmus versetzten und gerötheten Kulturflüssigkeit beim Kochen zuerst gemacht.

am reichlichsten von den Wurzeln ausgeschieden wird. Bestimmungen von Knop[1]) ergaben für Maiswurzeln eine Kohlensäureproduction von 0,2—0,55 g binnen 24 Stunden. In der Umgebung der Wurzeln dürfte daher die Bodenfeuchtigkeit mit Kohlensäure weit gesättigter sein, als an entfernteren Stellen[2]).

Cap. III. Die sauren Eigenschaften der Wurzelausscheidungen.

Dass die Wurzeln ausser Kohlensäure noch andere sauer reagirende, nicht flüchtige Substanzen abscheiden, wurde zuerst von Becquerel[3]) behauptet. Dieser Forscher stellte zuerst den in späterer Zeit vielfach wiederholten Versuch an, wobei Samen auf angefeuchtetem blauen Lakmuspapier zur Keimung gebracht werden und an den Berührungsstellen der Würzelchen mit dem Papier auf dem letzteren rothe Flecke erzeugen. Diese Flecke können nicht durch Kohlensäure hervorgerufen sein, weil sie beim Erwärmen nicht verschwinden. Becquerel meinte, die abgeschiedene Säure sei in den meisten Fällen Essigsäure. Versuche aber, welche ich zur Prüfung der Angaben Becquerel's unternahm, ergaben mir bezüglich dieser gegebenen Falls leicht nachweisbaren Säure ein negatives Resultat, und ich kann das Vorhandensein von Essigsäure für keinen Fall behaupten. Oudemans und Rauwenhoff[4]) haben später dieselben Angaben gemacht wie Becquerel, führen jedoch keinen Nachweis der Richtigkeit ihrer Behauptung und erwähnen nicht die von ihnen angewendete Methode. Schulz[5]) hingegen hat später theilweise gegentheilige Befunde publicirt und giebt an, die Röthung des

1) W. Knop, Kreislauf des Stoffes (1868), I, p. 656.

2) Nach Knop (l. c., II. Bd., p. 55) enthält die Bodenluft in Gewächshauserde höchstens 12,3 Volumprocent CO_2. Boussingault und Léwy (Annal. d. sc. nat., 3. Sér., T. 19, p. 5) fanden 9,78 % CO_2 gegen 10,35 % O und 79,87 % N in der Bodenluft.

3) Becquerel, Annalen der Pharmacie, Bd. VIII (1833), p. 104 und Archives de Botanique réd. sous la direction de M. A. J. Guillemin, T. I, Paris 1833, p. 385.

4) A. C. Oudemans jun. en Dr. N. W. P. Rauwenhoff in Linnaea, Bd. 30 (1859—60), p. 213.

5) M. Schulz, Journal f. prakt. Chemie, Bd. 87 (1862), p. 135.

blauen Lakmuspapieres erfolge nicht unter allen Bedingungen und nicht bei allen Pflanzen.

Einen neuen Angriffspunkt für weitere Untersuchungen bezüglich der Säurefrage gewährten die Beobachtungen von Liebig [1]), welche die Corrosion von Kalksteingeschieben durch Pflanzenwurzeln betrafen. Sehr bald war Sachs [2]) in der Lage, durch seine bekannten Versuche mit Marmor- und Dolomitplatten die Ansichten Liebig's zu erhärten. Meist sieht man auch in diesen Versuchen einen directen Beweis dafür, dass die Wurzeln noch andere Säuren ausser Kohlensäure absondern; und man macht geltend, dass durch Kohlensäure derartige scharf umgrenzte Abdrücke nicht zu Stande kommen könnten. Ich meine jedoch gegen diese Auffassung Bedenken tragen zu dürfen, und kann es durchaus nicht als ausgeschlossen betrachten, dass die mit den Unebenheiten der Gesteinsoberfläche so innig zusammenhängenden schleimigen Membranen der Wurzelhaare mit ihrer stark kohlensäurehaltigen Imbibitionsflüssigkeit dennoch scharf umschriebene Lösungsprocesse im Kalkstein hervorbringen können. Wenigstens lässt sich kein zwingender Grund gegen diese Möglichkeit auffinden.

Ueber die Art der abgeschiedenen Säuren ist bisher nichts bekannt geworden. Im Allgemeinen ist die Meinung verbreitet, dass es sich um organische Säuren handelt, weil solche, wie Oxalsäure, Citronensäure, in Wurzeln thatsächlich gefunden worden sind. Ohne geeignete weitere Versuche aber lässt sich natürlich nichts Sicheres sagen, ob diese Säuren auch wirklich von den Wurzeln nach aussen hin abgegeben werden.

Wie Pfeffer [3]) treffend hervorgehoben hat, wäre es eine verfehlte Auffassung, stets dieselbe Säure als von den Wurzeln abgeschieden zu vermuthen. Schon wenn es sich stets nur um eine Secretion fertig vorgebildeter Säuren aus Wurzelzellen handeln könnte, welche die Ursache der äusserlich wahrgenommenen sauren Reaction bildet, so könnten bei verschiedenen Pflanzen

1) J. v. Liebig, Annalen d. Chem. u. Pharmacie, Bd. 105 (1858), p. 139.

2) J. Sachs, Auflösung des Marmors durch Maiswurzeln. Botan. Zeitung 1860, p. 117; über weitere Versuche desselben vergl. Experimentalphysiologie, Leipzig 1865, p. 188.

3) W. Pfeffer, Pflanzenphysiologie, Bd. I, p. 78, Leipzig 1881.

nicht nachweisen, obwohl eine derartige Wirkung thatsächlich vorhanden ist. Auch die Röthung blauen Lakmuspapieres wird uns zu keinem Resultate verhelfen, wenn etwa die Wurzeln sauer reagirendes Monokaliumphosphat abgeben. Die Sachlage ist demnach unter Umständen eine verwickelte, wozu noch zu bemerken ist, dass verschiedene Versuchsbedingungen, besonders die Gegenwart und Abwesenheit verschiedener Mineralsalze im Substrat, entscheidenden Einfluss auf die seitens der Wurzeln erzeugte saure Reaction nehmen müssen.

Meine eigenen Versuche nahmen von den vorhandenen Methoden der Anwendung von Lakmusfarbstoff und von glatten Gesteinsplatten ihren Ausgangspunkt, und es soll von diesen Untersuchungen zunächst berichtet werden. Kritische Anwendung und Variation der beiden Methoden war thatsächlich ebenfalls bis zu einem gewissen Grade von Erfolg begleitet und gestattet bereits in manchen Beziehungen einen Einblick in die vorhandenen Verhältnisse.

Versuche mit Lakmus und anderen Farbstoffindicatoren.

Der Nachweis von Substanzen, welche bleibende Röthung blauer Lakmuslösung hervorrufen, gelingt nur dann, wenn sehr geringe Flüssigkeitsmengen angewendet werden. Ein grösseres Quantum von Flüssigkeit wird zwar wie bekannt ebenfalls geröthet, es wird aber diese Röthung durch kurzes Kochen vollkommen zum Verschwinden gebracht und rührt daher von der ausgeathmeten Kohlensäure allein her. Eine sehr kleine Menge blauer Lakmuslösung, oder am besten angefeuchtetes Lakmuspapier, hingegen wird durch viele Pflanzenwurzeln bleibend geröthet, so dass der Schluss gestattet ist, es seien in den betreffenden Wurzelausscheidungen ausser Kohlensäure noch kleine Mengen anderer sauer reagirender Substanzen zugegen. Sehr deutlich gelingt der Versuch mit Leguminosenkeimlingen (*Phaseolus, Faba, Pisum, Lupinus, Trifolium*), mit Gramineen (*Phalaris, Zea, Hordeum, Avena*), mit *Picea excelsa, Rumex Acetosa, Beta vulgaris, Impatiens Balsamina*. Es muss aber bemerkt werden, dass Schulz Recht hatte, wenn er angab, diese Röthung blauen Lakmusfarbstoffes durch Keimwurzeln sei keineswegs die Regel.

nicht nachweisen, obwohl eine derartige Wirkung thatsächlich vorhanden ist. Auch die Röthung blauen Lakmuspapieres wird uns zu keinem Resultate verhelfen, wenn etwa die Wurzeln sauer reagirendes Monokaliumphosphat abgeben. Die Sachlage ist demnach unter Umständen eine verwickelte, wozu noch zu bemerken ist, dass verschiedene Versuchsbedingungen, besonders die Gegenwart und Abwesenheit verschiedener Mineralsalze im Substrat, entscheidenden Einfluss auf die seitens der Wurzeln erzeugte saure Reaction nehmen müssen.

Meine eigenen Versuche nahmen von den vorhandenen Methoden der Anwendung von Lakmusfarbstoff und von glatten Gesteinsplatten ihren Ausgangspunkt, und es soll von diesen Untersuchungen zunächst berichtet werden. Kritische Anwendung und Variation der beiden Methoden war thatsächlich ebenfalls bis zu einem gewissen Grade von Erfolg begleitet und gestattet bereits in manchen Beziehungen einen Einblick in die vorhandenen Verhältnisse.

Versuche mit Lakmus und anderen Farbstoffindicatoren.

Der Nachweis von Substanzen, welche bleibende Röthung blauer Lakmuslösung hervorrufen, gelingt nur dann, wenn sehr geringe Flüssigkeitsmengen angewendet werden. Ein grösseres Quantum von Flüssigkeit wird zwar wie bekannt ebenfalls geröthet, es wird aber diese Röthung durch kurzes Kochen vollkommen zum Verschwinden gebracht und rührt daher von der ausgeathmeten Kohlensäure allein her. Eine sehr kleine Menge blauer Lakmuslösung, oder am besten angefeuchtetes Lakmuspapier, hingegen wird durch viele Pflanzenwurzeln bleibend ge[illegible] so dass der Schluss gestattet ist, es seien in den be[illegible] Wurzelausscheidungen ausser Kohlensäure noch kleine [illegible]nderer sauer reagirender Substanzen zugegen. Sehr [illegible]lingt der Versuch mit Leguminosenkeimlingen (*Pha*[illegible], *Pisum*, *Lupinus*, *Trifolium*), mit Gramineen (*Phalaris*, [illegible]*um*, *Avena*), mit *Picea excelsa*, *Rumex Acetosa*, *Beta vul*[illegible] *tiens Balsamina*. Es muss aber bemerkt werden, dass [illegible]cht hatte, wenn er angab, diese Röthung blauen [illegible]ffes durch Keimwurzeln sei keineswegs die Regel.

und unter verschiedenen Bedingungen mehrere Säuren vorkommen. Nun ist aber gewiss zur Hervorbringung saurer Reaction und Säurewirkung in dem umgebenden Medium Secretion derselben Säure seitens der Wurzel keine nothwendige Bedingung. So wäre es nach den durch Emmerling[1]) bekannt gewordenen Thatsachen möglich, dass organische, von Wurzeln producirte Säuren aus Mineralsalzen kleine Säuremengen frei machen, welche in Action treten können. Dass schliesslich auch durch eine Wirkung zwischen gewissen seitens der Wurzeln ausgeschiedenen Salzen und bestimmten Substanzen des Mediums freie Säure entstehen kann und entstehen muss, wird noch im Weiteren ausführlicher darzulegen sein. Jedenfalls wird es daher zur Feststellung der Art vorhandener Säuren mehrseitiger und weitergehender Ueberlegungen und Untersuchungen bedürfen. Ferner ist zu bedenken, dass die bis jetzt angewendeten Methoden des Säurenachweises mittels Lakmuspapier und mittels umschriebener Corrosion von Gesteinsplatten die gestellte Frage nicht in demselben Punkte treffen müssen, und es ist möglich, dass wir in der Röthung blauen Lakmuspapieres eine auf ganz anderen Ursachen beruhende Erscheinung vor uns haben, als in der Auflösung gewisser Mineralien. Es muss eben nicht dieselbe Substanz sein, welche Lakmuspapier verändert und welche Kalksteinplatten corrodirt. Daher kann man sich auf diese Methoden für sich allein, wenigstens in der Art wie es bisher von vielen Seiten geschah, nicht verlassen. Dieser Punkt scheint überhaupt noch nicht beachtet worden zu sein. Weiterhin ist es endlich ganz leicht möglich, dass uns bezüglich der Säurefrage beide Methoden im Stiche lassen, wenn nämlich die wirksame Säure erst durch eine Reaction ausgeschiedener Stoffe mit aussen befindlichen Mineralsalzen entsteht. Tritt so die wirksame Säure ausser an der Wurzeloberfläche zugleich auch an anderen Stellen des Substrates in lösende Action, so kann selbstverständlic[illegible] scharf umgrenzten, durch Corrosion entstandenen Wurzelabd[illegible] nicht die Rede sein, und wir können auf dem Wege der S[illegible] schen Methode eine Säurewirkung der Pflanze auf das [illegible]

1) A. Emmerling, Zur Kenntniss der chemi[illegible] Kiel 1874 und in Berichte d. deutsch. chem. Ges[illegible]

nicht nachweisen, obwohl eine derartige Wirkung thatsächlich vorhanden ist. Auch die Röthung blauen Lakmuspapieres wird uns zu keinem Resultate verhelfen, wenn etwa die Wurzeln sauer reagirendes Monokaliumphosphat abgeben. Die Sachlage ist demnach unter Umständen eine verwickelte, wozu noch zu bemerken ist, dass verschiedene Versuchsbedingungen, besonders die Gegenwart und Abwesenheit verschiedener Mineralsalze im Substrat, entscheidenden Einfluss auf die seitens der Wurzeln erzeugte saure Reaction nehmen müssen.

Meine eigenen Versuche nahmen von den vorhandenen Methoden der Anwendung von Lakmusfarbstoff und von glatten Gesteinsplatten ihren Ausgangspunkt, und es soll von diesen Untersuchungen zunächst berichtet werden. Kritische Anwendung und Variation der beiden Methoden war thatsächlich ebenfalls bis zu einem gewissen Grade von Erfolg begleitet und gestattet bereits in manchen Beziehungen einen Einblick in die vorhandenen Verhältnisse.

Versuche mit Lakmus und anderen Farbstoffindicatoren.

Der Nachweis von Substanzen, welche bleibende Röthung blauer Lakmuslösung hervorrufen, gelingt nur dann, wenn sehr geringe Flüssigkeitsmengen angewendet werden. Ein grösseres Quantum von Flüssigkeit wird zwar wie bekannt ebenfalls geröthet, es wird aber diese Röthung durch kurzes Kochen vollkommen zum Verschwinden gebracht und rührt daher von der ausgeathmeten Kohlensäure allein her. Eine sehr kleine Menge blauer Lakmuslösung, oder am besten angefeuchtetes Lakmuspapier, hingegen wird durch viele Pflanzenwurzeln bleibend geröthet, so dass der Schluss gestattet ist, es seien in den betreffenden Wurzelausscheidungen ausser Kohlensäure noch kleine Mengen anderer sauer reagirender Substanzen zugegen. Sehr deutlich gelingt der Versuch mit Leguminosenkeimlingen (*Phaseolus, Faba, Pisum, Lupinus, Trifolium*), mit Gramineen (*Phalaris, Zea, Hordeum, Avena*), mit *Picea excelsa, Rumex Acetosa, Beta vulgaris, Impatiens Balsamina.* Es muss aber bemerkt werden, dass Schulz Recht hatte, wenn er angab, diese Röthung blauen Lakmusfarbstoffes durch Keimwurzeln sei keineswegs die Regel.

In der That reagiren manche Pflanzen (*Helianthus* z. B.) nur durch schwache Röthung, und nicht wenige Keimwurzeln röthen blaues Lakmuspapier gar nicht (*Linum, Cucurbita* u. a.). Daraus folgt aber nicht, dass, wie Schulz meinte, saure Reaction der Wurzeln gänzlich fehle, ja selbst alkalische Reaction stattfinde. Es ist viel wahrscheinlicher, dass auch hier, wenn auch sehr schwach saure, doch stets saure Reaction vorhanden ist, welche jedoch nicht hinreicht, um das Alkali des Lakmuspapieres zu neutralisiren. Gegen alkalische Reaction sind die Wurzeln meist sehr empfindlich, und gar nicht so selten beobachtet man an zarten Wurzeln selbst Schädigung durch blaues Lakmuspapier. Die getödteten Wurzelspitzen könnten allerdings alkalische Reaction hervorrufen, und vielleicht sind manche Beobachtungen von Schulz diesen Verhältnissen entnommen. Bläuung von rothem Lakmuspapier durch lebende Wurzeln habe ich übrigens nie wahrgenommen, wobei allerdings die viel geringere Empfindlichkeit des rothen Papieres gegen Alkali gegenüber dem blauen Papier mit Säure in Betracht zu ziehen ist.

Es gelingt nun, auf mikroanalytischem Wege sich über die in den rothgefärbten Stellen ausgeschiedenen Stoffe zu orientiren und ein Urtheil über das Zustandekommen dieser Veränderungen zu gewinnen. Dabei ist natürlich eine sorgfältige Controluntersuchung nicht veränderten Lakmuspapieres nöthig. Die Prüfung geschah in der Weise, dass die herausgeschnittenen gerötheten Papierstückchen mit einer kleinen Menge Wassers im Platinschälchen eine Zeit lang ausgekocht wurden; die gewonnene Lösung filtrirt und auf ein sehr geringes Volum ($1-\frac{1}{2}$ cm^3) eingeengt wurde. Von dieser Flüssigkeit liess ich nun auf dem Objectträger Tropfen eindunsten und stellte die Reactionen durch Zusatz des betreffenden Reagens zu dem trockenen, oder in einem sehr kleinen Tröpfchen Wasser gelösten Rückstand an. Die Methoden wurden übrigens bereits beschrieben. Es stellte sich nun das erwartete Ergebniss heraus, dass auch in den gerötheten Lakmuspapierstellen keine anderen Stoffe vorkamen als jene, welche die Wurzeln sonst in Wasser abscheiden, und welche schon ausführlich behandelt wurden. In den rothen Flecken fand sich regelmässig Kali, Magnesium, Phosphorsäure, Chlorid, oft auch Ameisensäure nachweisbar, bei Hyacinthenwurzeln, wie

schon erwähnt, Monokaliumoxalat. Im letzten Falle führt natürlich die Methode des Einengens auf dem Wasserbade nicht zum Ziel, sondern es ist der oben angegebene Weg des directen Nachweises einzuschlagen. Bezüglich des Kali, Magnesium und Chlor ist aber zu bemerken, dass sich diese Stoffe auch im Extract von nicht verändertem blauen Lakmuspapier vorfanden und ein Plus derselben in den rothen Stellen nicht sicher erschien. Phosphat aber war nur in den rothen Flecken nachzuweisen, ebenso die etwa vorhandene Ameisensäure und Oxalsäure. Die auf eine Anzahl von Pflanzen aus verschiedenen Gruppen ausgedehnte Prüfung ergab nun bestimmt, dass mit Ausnahme von *Hyacinthus* nur jene Arten mit ihren Keimwurzeln Lakmuspapier rötheten, für welche früher dargelegte Untersuchungen die Anwesenheit von Monokaliumphosphat in den Wurzelabscheidungen nachgewiesen hatten, so dass es naheliegt, diese Verbindung als Ursache der Entstehung rother Flecke auf blauem Lakmuspapier durch Wurzeln zu bezeichnen. Wenn Wurzeln keine deutlichen rothen Stellen erzeugten, so konnte in den betreffenden Papierstellen, an welche Wurzeln angelagert waren, auch niemals Phosphorsäure in derart namhafter Menge gefunden werden, wie es bei den gerötheten Papieren der Fall war. Andererseits konnte nur bei *Hyacinthus* starke Röthung ohne nachweisbare Phosphatausscheidung sicher gestellt werden, wofür wir aber mit genügenden Gründen Oxalsäure verantwortlich machen können.

Demnach kann als Regel erklärt werden, dass die Reaction von Keimwurzeln auf Lakmuspapier auf Ausscheidung des sauer reagirenden Monokaliumphosphates beruht, und dass sonst keine andere nicht flüchtige sauer reagirende Substanz secernirt wird. Ausgeschlossen ist es aber freilich nicht, dass künftighin die Fälle von Ausscheidung sauer regirender Salze organischer Säuren sich vermehren können. Gewiss ist aber Phosphatausscheidung der häufigste Fall, und die erzeugte saure Reaction ist um so stärker, je mehr Monokaliumphosphat abgeschieden wird. Dabei ist zu beachten, dass trotz der grossen beobachteten Verschiedenheiten bezüglich der Intensität der Reaction auf Lakmus dennoch alle untersuchten Pflanzen in gleicher Weise Corrosionen auf Kalkstein erzeugen. Ich möchte bereits daraus schliessen, dass die Substanz, welche die Anätzung von Gesteinsplatten bedingt,

eine ganz andere sein muss, als jene, welche Lakmuspapier röthet. So führen beide Methoden auf ganz verschiedene Körper.

Ausser Lakmus wurden auch Versuche mit einigen anderen als Säureindicatoren vortheilhaft verwendbaren Farbstoffen angestellt, wenn auch in beschränkterem Maasse.

Phenolphthaleïn[1]) wurde in ganz schwach alkalischer Lösung in einer geringen Quantität Flüssigkeit in einer Porzellanschale Keimwurzeln dargereicht. Die Anfangs rothe Lösung entfärbte sich innerhalb 24 Stunden vollständig. Wurde die farblose Flüssigkeit nach Herausnahme der Wurzeln aufgekocht, so trat die frühere Rothfärbung wieder auf. Versuche mit verschiedenen Säuren, in ganz kleiner Menge zu alkalischer Phenolphthaleïnlösung zugesetzt, ergeben, dass die erzielte Entfärbung beim Kochen nicht wieder einer Röthung Platz macht, bei Ameisensäure, Essigsäure, Oxalsäure, Schwefelsäure, Salzsäure u. a., wohl aber bei Kohlensäure allein. Nach dem erwähnten Versuchsausfall könnte man geneigt sein, die bei der Wurzelprobe vorkommende Reaction der Anwesenheit von Kohlensäure zuzuschreiben. Dies dürfte auch im Allgemeinen richtig sein. Etwa vorhandenes saures Kaliumphosphat kommt der geringen Menge wegen kaum zur Geltung, zumal Phenolphthaleïn gegen Säurezunahme durch Phosphat relativ stumpf ist.

Tropaeolin OO verändert, einer Wurzelkultur zugesetzt, seine Nuance nicht im Mindesten. Dieser Farbstoff ist von den geprüften Indicatoren der unempfindlichste. Mit saurem Phosphat und mit Kohlensäure verändert er sich nicht, er wird bräunlichgelb durch Ameisensäure; sehr schwach bräunlich mit Essigsäure; sehr deutlich gelbroth durch ein Minimum von Oxalsäure; bläulichroth durch eine Spur Salzsäure. Somit könnten von den untersuchten Säuren nur die Kohlensäure und zweifach saures Kaliumphosphat als Wurzelausscheidungen in Frage kommen, Substanzen, welche bekanntlich beide zugegen sind.

Methylorange. Wurzeln von *Faba* gaben mit diesem Indicator keine Farbenänderung. Methylorange zeigt zwar mit saurem Alkaliphosphat eine leichte braunröthliche Verfärbung; ebenso

1) Vergl. Molisch, l. c., p. 22.

mit Kohlensäure, es ist jedoch gegen beide ziemlich unempfindlich. Mit allen anderen freien Säuren aber giebt es scharfen Umschlag nach Roth (Ameisensäure, Essigsäure, Oxalsäure, Salzsäure z. B.), die somit sämmtlich in der Kulturflüssigkeit als freie Säuren nicht vorkommen können. Die kleine Phosphatmenge und die Kohlensäure wird vom Methylorange nicht angezeigt.

Einige Versuche wurden ferner in der Absicht angestellt, zu untersuchen, ob Wurzeln im Contact mit festen Gesteinplatten oder Sandpartikeln bezüglich ihrer sauren Ausscheidungen sich nicht anders verhalten als Wurzeln, welche im flüssigen Medium (Wasser) erzogen worden sind. Zu diesem Behufe stellte ich mit Indicatorlösung gefärbte Gypsplatten her. Das Gypsmehl wurde mit Lakmustinctur oder einer anderen (concentrirt genommenen) Farbstofflösung zu einem ziemlich steifen Brei angerührt und dieser letztere auf einer Spiegelglasplatte ausgegossen, woselbst er, eine einerseits vollkommen glatte Platte bildend, erstarrte. So wurden mit Lakmus, Tropaeolin 00, Methylorange gefärbte Gypsplatten hergestellt. Diese wurden in dem dampfgesättigten Raume, in dem die Wurzeln angebracht waren, so aufgestellt, dass sie schräg lagen und die Wurzeln, nachdem sie an die Platte mit ihrer Spitze angestossen waren, der Gypsplatte entlang und derselben innig angeschmiegt weiter wuchsen. Mit Lakmus-Gypsplatten erhält man auf diese Weise schöne rothe Spuren. Auf Tropaeolin- oder Methylorangeplatten waren in den angestellten Versuchen keine Farbenänderungen durch die Wurzeln bewirkt worden. Andere Versuche wurden nicht im feuchten Raume ausgeführt, sondern die Platten kamen schräg angelehnt in einen reinen Blumentopf, welcher mit reinem extrahirtem Sande gefüllt wurde, in dem die Samen gesteckt wurden. Das Ergebniss war auch hier das gleiche, wie in den vorangegangenen Experimenten. Es lässt sich somit nicht behaupten, dass eine Contactwirkung mit festen Gesteinsplatten eine nachweisbare Einwirkung auf die Säureproduction seitens der Wurzeln besitzt, sondern vielmehr, es ist der Vorgang derselbe, ob nun die Wurzel im flüssigen Medium vegetirt oder in Berührung mit festen Gesteinen.

Versuche über Corrosion.

Dieselben bezogen sich zum Theil auf die Frage der Auflösung suspendirter Niederschläge durch Wurzelausscheidungen, zum Theil auf die Einwirkung der Ausscheidungen auf Platten. Ich stellte mir neutral reagirende, wenig concentrirte, ganz klare Agargallerte her. Dieselbe wurde durch Erwärmen verflüssigt, in Eprouvetten eingefüllt, sodann wurde auf 20 ccm^3 eine Messerspitze des sehr fein zerriebenen Niederschlages eingetragen, gut durchgeschüttelt und rasch durch kaltes Wasser zum Erstarren gebracht. In die mit dem in Agar suspendirten Niederschlag beschickten Proberöhrchen wurden die Wurzeln (grosse *Faba*) gebracht und die Vorrichtung im dunklen feuchten Raume gehalten. War Calciumcarbonat benutzt worden, so zeigte sich nach einigen Tagen in der unmittelbaren Nähe der (übrigens kräftig wachsenden) Wurzeln ein deutliches Hellerwerden der durch den Niederschlag getrübten Agarmasse, bewirkt durch eine Auflösung des Carbonates in der bezeichneten Gegend. Für oxalsaures Calcium konnte diese Erscheinung aber nicht beobachtet werden. Damit die Lösungsvorgänge deutlich sichtbar werden, ist es nothwendig nur eine leichte Trübung des Agars durch Niederschlag zu erzeugen; wird mehr Calciumcarbonat eingetragen, so ist der Lösungsvorgang oft gar nicht kenntlich, der Undurchsichtigkeit des Mediums halber.

Vortheilhafter und allgemein anwendbar erwies sich die Untersuchung der Corrosionsvorgänge an künstlich hergestellten Gesteinsplatten. Solche lassen sich aus beliebigen in Wasser unlöslichen Mineralsalzen erzeugen, indem man als Bindemittel Gyps nimmt. Der zu untersuchende Körper wurde in der Reibschale möglichst fein gepulvert und dann mit feinem trockenen Gypsmehl vermischt. Das Mengenverhältniss ist meist am vortheilhaftesten, wenn man gleiche Theile Substanz und Gypsmehl nimmt. Mit mehr Substanz werden die Platten zu bröckelig. Die Mischung mit dem Gypsmehl wird möglichst lange fortgesetzt, bis eine ganz innige Vermengung zu einem homogen erscheinenden Pulver eingetreten ist. Dieses Pulver wird nun, wie sonst Gyps allein, mit destillirtem Wasser zu einem dicken Brei unter stetem Umrühren verwandelt und dieser Brei auf eine

glatte Glasplatte ausgegossen, woselbst er zum Erstarren gebracht wird. Die entstandene Platte ist auf der Glasseite, auf der sie unter Aufgiessen von Wasser vorsichtig frei gemacht wird, spiegelglatt, und sie besitzt eine Consistenz, welche dem Gyps für sich allein verwendet gleichkommt.

Wenn man nun auf die eben angegebene Weise etwa Platten aus kohlensaurem oder phosphorsaurem Kalk herstellt, so kann man sich überzeugen, dass solche Platten von Wurzeln ebenso corrodirt werden, als wie Platten aus reinem Kalkstein oder Dolomit; eher ist die Corrosion noch rascher. Man kann dies leicht constatiren, wenn man derartige Platten in einen Blumentopf giebt, in welchem beliebige Pflanzen kultivirt werden. Am besten nimmt man zwei kleine Platten, die schräg geneigt einander gegenüber gestellt werden, so dass sie unten zusammenstossen. In 2—3 Wochen haben die Wurzeln deutliche flachgrubig vertiefte Spuren auf den künstlichen Platten erzeugt. Genau die entgegengesetzte Erscheinung, nämlich das Hervorbringen von erhabenen Spuren seitens der Wurzeln auf der Platte, tritt auf, wenn man Platten aus reinem Gyps verwendet[1]). Es wird da nämlich von der Bodenfeuchtigkeit an den von den Wurzeln bedeckten und geschützten Stellen der Platte weniger Gyps aufgelöst, als an den übrigen nicht von Wurzeln bedeckten Stellen.

Nachdem ich so die Ueberzeugung gewonnen hatte, dass sich bezüglich der Fähigkeit durch Wurzeln corrodirt zu werden, mit Gyps als Bindemittel hergestellte Platten ebenso verhalten wie Platten aus der reinen Substanz, ging ich daran mit Hilfe der Corrosionsmethode die Art der in Betracht kommenden Säure näher zu untersuchen. Das methodische Princip war, Substanzen zu wählen, deren Löslichkeit in den einzelnen organischen und Mineralsäuren genau bekannt war, und aus der stattfindenden oder ausbleibenden Corrosion von daraus hergestellten Platten einen Rückschluss auf die von den Wurzeln ausgeschiedene Säure zu ziehen. Es ist klar, dass man auf diese Weise eine Reihe von Säuren ausschliessen oder zulässig halten kann, und es wird von der passenden Wahl der angewendeten Substanz abhängen, wie weit diese Bestimmung der

1) J. Sachs, Botan. Zeitung 1860, p. 17.



ausgeschlossen, und es kann sich nur mehr um Kohlensäure, Essigsäure, Propionsäure oder Buttersäure handeln.

Die Entscheidung, ob Kohlensäure allein die corrodirende Substanz ist oder eine der genannten Fettsäuren, gelang mir nicht mit Zuhilfenahme der Plattenversuche. Alle Körper (ungiftige Mineralsalze, z. B. Calciumphosphat, Magnesium-Ammoniumphosphat), die in Essigsäure löslich sind, lösen sich, soweit ich untersuchte, auch in kohlensäurehaltigem Wasser in ziemlicher Menge und sind daher zur Differentialdiagnose zwischen beiden Säuren nicht verwendbar. Es war mir daher nicht möglich, auf diesem Wege zu einer Entscheidung zu kommen. Dass es sich aber um die erwähnten Säuren aus der Paraffinmonocarbonsäurereihe nicht handeln kann, ist aus dem Verhalten der Wurzeln gegen Congoroth zu schliessen. Congoroth giebt mit Essigsäure z. B. auch in verdünnter Lösung eine rein dunkelblaue Flüssigkeit; mit Kohlensäure allein (aber auch mit zweifach saurem Alkaliphosphat) einen leichten Umschlag nach Bräunlichroth. Congoroth hat überdies den Vortheil, in keiner merklichen Weise giftig auf Keimwurzeln zu wirken. Ich stellte nun mit Congoroth einerseits die oben beschriebenen Gypsplattenversuche an, indem ich Wurzeln an mit diesem Farbstoff gefärbten Platten hinwachsen liess; andererseits wurden Wurzeln in concentrirte Congorothlösung getaucht, wodurch ihre Aussenfläche lebhaft gefärbt wurde, und dann im feuchten, dunklen Raum weiter kultivirt. Endlich liess ich auch Wurzeln in Farbstofflösung wachsen. In allen Versuchen aber wurde nur die für Kohlensäure oder saures Alkaliphosphat angegebene Braunrothfärbung der berührten Plattenstellen beziehungsweise der Aussenfläche der Wurzel oder der Farbstofflösung beobachtet und niemals eine Blaufärbung. Es ist deshalb in hohem Grade wahrscheinlich, dass die Corrosionserscheinungen an Gesteinsplatten keiner anderen freien Säure als der Kohlensäure, die die Wurzeln abscheiden, ihren Ursprung verdanken.

Durch Hyacinthenwurzeln werden Platten aus Aluminiumphosphat gleichfalls nicht corrodirt. Dies beweist, dass es sich in den sauren Wurzelausscheidungen dieser Pflanze nicht um freie Oxalsäure handeln kann. Damit wird die oben geäusserte Ansicht, dass die saure Reaction von Monokaliumoxalat herrührt,

bestätigt. Thatsächlich löst sich phosphorsaure Thonerde
Monokaliumoxalat nicht auf. Auch bei *Hyacinthus* wird es si
bei der Corrosion von Marmor- und Kalksteinplatten um ei
Wirkung von Kohlensäure handeln. Auch wenn man vorläu
von der Einwirkung des häufig producirten zweifach saur
Kaliumphosphates auf das Substrat absieht, so lassen sich m
dem Ergebniss, dass Kohlensäure die bekannten Corrosion
erscheinungen durch Wurzeln bedingt, die bisher gesammelt
Thatsachen vollständig in Einklang bringen. Die Angaben üb
Anätzung von Gesteinen durch Phanerogamenwurzeln bezieh
sich auf Marmor, Kalksteingeschiebe, Dolomit, Magnesit, Apat
also insgesammt Substanzen, welche aus Erdalkali (resp. Ma
nesium-) Carbonat und Phosphat bestehen. Auch die v
Molisch[1]) aufgefundene Corrosion von Knochen- oder Elfe
beinplättchen gehört zu der Anätzung von Phosphat, inde
die Lösung des Calcium- und Magnesiumphosphates dabei d
überwiegenden Menge dieser Salze wegen gewiss die Hauptro
spielt. Silicate werden aber von Wurzeln nicht angegriffen, w
bereits Sachs[2]) bei Versuchen mit Glasplatten und getrocknete
Wasserglas constatiren konnte.

Die Auflösung von Calciumcarbonat durch Wurzelaussch
dungen stellt sich uns dar durch die corrodirende Wirkung a
dichten Kalkstein (Liebig), auf Marmorplatten, also körni
krystallinischen Kalkspath (Sachs), und in den Erscheinunge
welche wir oben an Kalkplatten, die unter Zuhilfenahme v
Gyps aus krystallinisch gefälltem Calciumcarbonat hergeste
werden, dargelegt haben. Die Löslichkeit von neutralem kohle
sauren Kalk in kohlensäurehaltigem Wasser beruht bekanntl
auf der Entstehung saurer Carbonate, vermuthlich des primär
Carbonates $CaH_2(CO_3)_2$. Während in kohlensäurefreiem Wass
nach Fresenius[3]) erst auf 10601 Theile Wasser 1 Theil Ca
ciumcarbonat in Lösung geht, löst sich in kohlensäuregesättigte
Wasser im Mittel auf 1000 Theile 1 Theil kohlensauren Kalk
[Bischof][4]). Mit kohlensäuregesättigtem Wasser arbeiten ab

1) H. Molisch, l. c., p. 9.
2) J. Sachs, Experimentalphysiologie (1865), p. 191.
3) Cit. nach Mulder, Chemie der Ackerkrume (1861), Bd. I, p. 516.
4) Mulder, l. c.

auch die Pflanzenwurzeln, wenn sie an den Kalksteinen dicht geschmiegt hinwachsen und auf die benachbarten Partien des Gesteines lösend einwirken. Wird an horizontalen oder geneigten Felsplatten selbst die abwärts wachsende Wurzelspitze vermöge ihrer geotropischen Eigenschaften immer wieder mit dem Steine in Berührung kommen müssen, so wird, wie bekannt, die allerengste Berührung von Wurzeltheilen mit mineralischen Bestandtheilen des Bodens besonders durch die Wurzelhaare vermittelt. So werden auch die vielen kleinen Unebenheiten der Platten von den Wurzelhaaren förmlich umschlungen, fast sozusagen bis zur Verwachsung, und dieses Verhalten erfährt, wie Schwarz[1]) gezeigt hat, eine besondere Unterstützung durch die sehr quellbaren, schleimigen äusseren Membranschichten. Auf diese Art stellt sich der denkbar vollkommenste Contact zwischen der Wurzel und den Rauhigkeiten des Kalkgesteins her. Indem nun auf der ganzen Strecke der Wurzelhaarregion fast jede Epidermiszelle in ein Haar ausgewachsen ist, so ist es leicht begreiflich, dass sich auch der gesammte Gaswechsel dieser Theile durch die Membranen der Wurzelhaare hindurch bewegt. Somit wird auch die gesammte im Stoffwechsel producirte und abgebbare Kohlensäure auf ihrem Wege nach aussen jene Membranen passiren. Gerade jene jugendlichen Partien produciren die Hauptmasse der von den Wurzeln abgegebenen Kohlensäure, und es ist verständlich, dass das Imbibitionswasser der schleimigen, aufgequollenen Wurzelhaarmembranen relativ sehr reich an Kohlensäure sein muss. Diese wässerige Lösung von Kohlensäure wirkt nun auf das neutrale Carbonat der Kalkgesteine ein, und muss es in ein lösliches saures Carbonat überführen. Diese Reaction wird sehr ausgiebig beschleunigt und fort unterhalten werden durch die andauernde Fortschaffung des gebildeten sauren Carbonates in die Zellen der Wurzeln durch Diosmose. So wird die Lösung von saurem Carbonat, welche in dünner Schicht die Aussenseite der Wurzelhaare umgiebt und die äussersten Membranschichten durchtränkt, niemals eine bestimmte Concentration an Kalksalz überschreiten können, weil das Plus stets

---

1) F. Schwarz, Die Wurzelhaare der Pflanzen. Untersuch. a. d. botan. Inst. z. Tübingen, Bd. I, p. 142 (1883).

in die Zellen hineindiffundirt, um von der Pflanze weiter verarbeitet zu werden. So lange also die lebhafte Abgabe von Kohlensäure und der lebhafte Verbrauch von Kalksalz seitens der Pflanzenwurzel bestehen bleibt, werden auch die corrodirenden Wirkungen auf das Gestein ohne Unterbrechung fortdauern, und es kann daher sehr gut zur Entstehung jener Aetzlinien längs des Verlaufes der Wurzeln kommen, welche Liebig und Sachs zuerst wahrgenommen haben. Die Bedenken, welche Sachs[1]) gegen Annahme der Kohlensäureabscheidung als Urheberin dieser Corrosionsbilder geltend machte: dass die scharfe Begrenzung der entstandenen Linien dagegen spreche, sind wohl leicht zu beseitigen. Denn es handelt sich doch nicht um eine Wirkung von gasförmiger abgeschiedener Kohlensäure, wie Sachs anzunehmen geneigt war, sondern um eine Lösung durch flüssige Säure, indem bei diesen Vorgängen ja nur die im Imbibitionswasser der äusseren Zellwände gelöste Kohlensäure in Frage kommen kann. Und da wirkt die Kohlensäure doch nicht anders, als jede andere in Wasser gelöste Säure.

Die beschriebenen Verhältnisse gelten nun gerade so für die übrigen in Betracht kommenden corrodirbaren Mineralarten, deren Löslichkeit in wässeriger Kohlensäure noch betrachtet werden soll. Von Carbonaten ist es weiter das Magnesiumcarbonat, welches in seinem verbreiteten Vorkommen als Dolomit (wesentlich Calcium-Magnesiumphosphat, $CaCO_3$, $MgCO_3$) und als Magnesit (reines $MgCO_3$) für Corrosionserscheinungen häufig Gelegenheit bietet. Sachs[2]) welcher ebenfalls mit beiden Mineralien Plattenversuche anstellte, konnte bereits eine merklich schwächere Anätzung solcher Gesteine constatiren, als sie für kohlensauren Kalk gefunden wurde. Dolomit, welcher in dieser Hinsicht genauer untersucht ist, ist in der That nach Suckow[3]) in wässeriger Lösung von Kohlensäure nicht leicht löslich. Sein schwerer löslicher Bestandtheil ist das Magnesiumcarbonat, wie denn auch Quellwasser aus dieser Gebirgsart im allgemeinen viel ärmer an Magnesia ist in Vergleich zu seinem Kalkgehalt. Wenn kohlensäurehaltiges Wasser nun

---

1) J. Sachs, Experimentalphysiologie, p. 188 (1865).
2) J. Sachs, l. c., p. 190.
3) Nach Mulder, Chemie der Ackerkrume, Bd. I, p. 201 (1861).

auf Dolomit einwirkt, so wird den äussersten Schichten vorzüglich das Calciumcarbonat entzogen, und es überzieht sich das Gestein nach und nach mit einer relativ an Kalk sehr armen Schichte, welche mit der Zeit den Lösungsprocess beträchtlich verzögern wird. Die gleichen Verhältnisse kommen wohl auch bei der Einwirkung von Pflanzenwurzeln auf Dolomitplatten in's Spiel und es dürfte sich so die geringe Corrosion dieses Gesteins verstehen lassen.

Mit Eisenspath (Ferrocarbonat $FeCO_3$) sind bislang keine Corrosionsversuche angestellt worden. Obgleich derselbe in wässeriger Kohlensäure (unter Bildung sauren Carbonates) löslich ist (nach Bischof lösen 1000 Wasser sechs Theile Siderit), so vermuthe ich doch, dass die corrodirende Wirkung seitens der Wurzeln auf dies Mineral nicht so bedeutend sein wird, wie auf Kalkspath. Denn der Verbrauch von Eisensalz durch die Pflanze ist viel geringer als derjenige von Kalksalz, und es kann daher kein so lebhaftes diosmotisches Einströmen gelösten Salzes in die Zellen stattfinden, wie bei Anwendung von kohlensaurem Kalk. Leider habe ich es versäumt, Versuche mit Ferrocarbonat anzustellen.

Calciumphosphat ist von Sachs in Form von Osteolithplatten auf seine Corrodirbarkeit durch Wurzeln untersucht worden. Dieses Mineral ist eine dichte amorphe Form des Apatits und enthält bekanntlich Tricalciumphosphat und Fluorcalcium als vorwiegende Bestandtheile. Die Versuchsresultate, welche von Sachs erzielt wurden, waren nicht so prägnant wie bei Marmorplatten wegen der porösen Beschaffenheit des Minerals, jedoch waren mit voller Bestimmtheit Corrosionsfiguren, Wurzelabdrücke nach einigen Tagen erkennbar. Platten aus reinem Tricalciumphosphat, mittels Gyps als Bindemittel hergestellt, wurden von mir untersucht. Auch solche Platten werden, wie ich mich überzeugte, binnen Kurzem von den Wurzelausscheidungen angegriffen, und zwar etwa in demselben Maasse als aus Calciumcarbonat verfertigte Platten. Auch dieses Verhalten ist durch die Löslichkeit in kohlensäuregesättigtem Wasser begründet. Apatit ist darin recht schwer löslich. Nach Bischof lösen erst 393000 Theile Wasser mit CO_2 gesättigt 1 Theil Apatit; schüttelt man stark, so lösen 10000 Theile

1 Theil Apatit. Apatit enthält etwa $7^1/_2$ Gewichtstheile Fluorcalcium auf $92^1/_2$ Tricalciumphosphat. Beide Bestandtheile lösen sich in kohlensäurereichem Wasser. Wenn Osteolithplatten durch Wurzeln trotz der sehr geringen Löslichkeit in kohlensäuregesättigtem Wasser corrodirt werden, so dürfte dies wohl auf die rasche diosmotische Abführung des phosphorsauren Kalkes in die Zellen der Wurzel in Folge der intensiven Verarbeitung des Kalkes wie der Phosphorsäure in der Pflanze zurückzuführen sein. Gewiss ist es aber nicht ausgeschlossen, dass noch andere Processe ausser Abscheidung der Kohlensäure hierbei mitwirken, worauf noch zurückzukommen sein wird. Die von mir festgestellte starke Corrosion von Tricalciumphosphat-Gypsplatten im Gegensatz zu der schwächeren Anätzung des Apatits dürfte wahrscheinlich auf der bedeutend grösseren Löslichkeit des frisch gefällten Tricalciumphosphates in wässeriger Kohlensäurelösung beruhen. 1 Theil basisch phosphorsauren Kalkes löst sich nämlich bereits in 1102 Theilen Wasser[1]), also nicht sehr verschieden vom Calciumcarbonat, welches sich zu $1\,^0/_{00}$ löst.

Wie schon erwähnt, ist gewiss auch die Corrosion von Knochenplatten durch Pflanzenwurzeln, die von Molisch[2]) näher untersucht wurde, hauptsächlich auf die Lösung der im Knochen vorhandenen basischen Phosphate zu beziehen. Die von Molisch's Versuchen herrührenden Elfenbein- und Knochenplättchen, die ich im pflanzenphysiologischen Institute der Wiener Universität zu besichtigen Gelegenheit hatte, zeigen zahlreiche deutlich flachgrubige Eindrücke, welche dem Längsverlaufe der Wurzeln entsprechen. Die Stärke der Corrosion ist etwa dieselbe wie die an polirten Marmorplatten zu beobachtende Anätzung. Dass die von den Wurzeln ausgeschiedene Kohlensäure bis zu einem sehr merklichen Grade im Stande sein muss derartige Vorgänge zu erzeugen, ist kaum zu bezweifeln. Trockene Knochen bestehen im Mittel aus $^2/_3$ Aschenbestandtheilen und $^1/_3$ organischen Substanzen. Das Elfenbein ist noch ärmer an organischen Stoffen und enthält nach Aeby[3]) nur $27{,}7\,^0/_0$ organische Körper auf

1) W. Knop, Kreislauf des Stoffes (1868), Bd. I, p. 179.
2) H. Molisch, l. c., p. 9.
3) Cit. in F. Hoppe-Seyler, Physiolog. Chemie, II. Th., 1. Bd. (1878), p. 179.

72,3 % Aschensalze. Wenn demnach Anätzung trockener Knochenplatten stattfindet, muss es sich vor Allem um Lösung der Aschensalze handeln. Die Asche besteht bekanntlich überwiegend aus Calcium- und Magnesiumphosphat neben Carbonat. Die Gegenwart des letzteren ist der Grund, warum Knochen nicht ebenso stark corrodirt werden, wie es bei meinen Tricalciumphosphat-Gypsplatten zu sehen war. Wie Robierre[1]) und später Déhérain[2]) fanden, löst Kohlensäure gesättigtes Wasser den phosphorsauren Kalk bei Gegenwart von Calciumcarbonat beträchtlich weniger auf, als wenn Tricalciumphosphat allein zugegen ist. Bei gleichzeitigem Vorhandensein von neutralem Carbonat geht vor Allem letzteres unter Bildung von saurem Carbonat in Lösung, während das Phosphat zurückbleibt. Dieser Umstand kommt nun auch bei den Corrosionserscheinungen an Knochen in Betracht.

Molisch wollte aus der bräunlichen Färbung der Wurzelspuren auf Elfenbeinplatten auf eine Wirkung der Wurzelausscheidungen auf die organischen Substanzen des Elfenbeins schliessen. Zum mindesten ist dieser Schluss kein zwingender. Uebrigens konnte ich öfters auch an Kalksteinplatten eine Braunfärbung der eingeätzten Linien wahrnehmen, und es liegt die Vermuthung nahe, dass dieselbe hier wie dort auf einer Bildung von Huminsubstanzen aus den Membranen abgestossener Haubenzellen beruht, und nichts mit einer Veränderung des Glutins zu thun hat. Auf die Frage, ob die Wurzelausscheidungen Eiweisskörper, auch Leim peptonisiren können, wird übrigens noch einzugehen sein.

Ueber die Möglichkeit anderweitiger Säureproduction durch Pflanzenwurzeln.

Aus dem Mitgetheilten geht hervor, dass die Methoden des Säurenachweises mittels Indicatorpapier und der Corrosion von Gesteinsplatten Ergebnisse liefern, welche es vorläufig als unberechtigt erscheinen lassen conform vielfach geäusserten Ver-

---

1) Robierre, Wilda, Landwirthsch. Centralbl. 1857, Bd. I, p. 487.

2) Déhérain, Compt. rend., T. XLV, p. 13.

muthungen Production freier Säure ausser Kohlensäure durch die Wurzeln der Pflanzen anzunehmen. Die sauer reagirenden ungesättigten Salze, welche sich in Wurzelausscheidungen finden, sind nicht im Stande die bekannten Anätzungserscheinungen hervorzurufen; wohl aber kann dies die abgeschiedene Kohlensäure, und es lassen sich keinerlei Wirkungen auf unlösliche Mineralsalze beobachten, welche eine mit Kohlensäure gesättigte wässerige Lösung nicht veranlassen könnte.

Beide Methoden aber treffen den Kernpunkt der schwebenden Frage nicht. Sie lassen im Falle negativer Resultate beide die Möglichkeit offen, dass doch irgend eine andere Säurewirkung auf das Substrat entfaltet werden könne, welche sich bei der Anwendung dieser Methoden dem Nachweise entzieht. Gewiss kann man nicht behaupten, dass sichtbare Anätzungen durch Wurzelausscheidungen eine nothwendige Folge von producirter Säure sein müssen, und es bleibt die Frage offen, ob neben der Corrosion durch Kohlensäurewirkung nicht doch noch eine viel schwächere, nicht direct durch den Augenschein nachweisbare lösende Wirkung durch anderweitige Säuren zugegen sei. Ein Fehlen jeder Anätzungserscheinungen würde keinen ausreichenden Gegengrund gegen das Vorhandensein ausgeschiedener Säure abgeben können. Wenn wir andererseits in den Wurzelausscheidungen die Existenz freier Säure nicht constatiren konnten, so schliesst dies ebenfalls das Entstehen kleiner Mengen freier Säuren bei Reactionen der ausgeschiedenen Körper mit Substanzen des Substrates nicht aus. Behutsame Beurtheilung der bekannten Verhältnisse fordert demnach bereits allein zu weiteren Untersuchungen in dieser Richtung auf.

Allein es ist auch eine Erfahrungssache, dass die seitens der Wurzeln im Boden entfalteten lösenden Wirkungen kaum durch die Ausscheidung von Kohlensäure erklärt zu werden vermögen. Eine Roggenpflanze entzieht ihrem Boden den ganzen Bedarf an Mineralsalzen, gedeiht üppig und bringt tausendfachen Samenertrag. Versuchen wir aber demselben Boden seine Salze mittels Kohlensäure gesättigtem Wasser durch lange andauernde Auslaugung zu entziehen, so geht kaum 0,01 der Phosphorsäure oder des Stickstoffs, und kaum 0,02 des Kalis und der Kieselsäure in Lösung in Bezug auf die Menge derselben Bestandtheile,

welche die Roggenpflanze dem Boden entzogen hat[1]. Dietrich[2]) fand, dass eine ganze Reihe untersuchter Kulturpflanzen Böden aus verschiedenen Felsarten (Buntsandstein, Basalt) bedeutend mehr Mineralsubstanz entzogen, als blosse Verwitterung jener Gesteine daraus überhaupt in Lösung bringen konnte. Auch wäre an die rasche Auflösung von Hornspänen in pflanzenbewachsenem Boden zu erinnern. Dieselben verschwinden hier ungemein rasch, während ihre Zersetzung in nicht bebauter, humusreicher, also kohlensäurereicher Gartenerde bedeutend langsamer vor sich geht[3]. Dieselbe Erscheinung wird von Elfenbeinspänen und coagulirtem Eiweiss angegeben[4]. Damit soll aber nicht im Mindesten die ungemeine Wichtigkeit der Kohlensäure für die Aufschliessung der Mineralbestandtheile des Bodens bezweifelt werden, worauf ich hier wohl nicht näher einzugehen brauche. Doch gewiss ist auch ein bisher noch nicht in seiner Natur näher definirter lösender Einfluss vorhanden, welchen nur die Wurzelausscheidungen der Pflanzen auf die im Boden absorbirt gehaltenen Mineralsalze äussern können.

Der so häufig sich wiederholende Befund der Gegenwart von primärem Kaliumphosphat in den Wurzelausscheidungen legt die Frage nach seiner Bedeutung nahe, und muss die Aufmerksamkeit darauf lenken, ob diese Substanz, welche ja nicht selten relativ reichlich abgeschieden wird, nicht eine Säurewirkung auf das Substrat der Pflanzen zu vermitteln im Stande ist.

In dieser Hinsicht ist vor Allem in Betracht zu ziehen die Reaction zwischen Alkaliphosphat und Chloriden, welche besonders von Maly[5] bereits näher studirt worden ist. Maly wurde zu seinen Auffassungen durch eine Reihe von Reactionen zwischen Alkaliphosphaten und verschiedenen Metallsalzen geleitet.

---

1) J. Liebig, Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur, 7. Aufl., Bd. II, p. 108 (1862).

2) Cit. in A. Mayer, Agrikulturchemie, II. Th., I. Die Bodenkunde, 4. Aufl., p. 58 (1895).

3) Vergl. Schacht, Lehrbuch (1859), Bd. II, p. 165; und Gazzeri, cit. in Mulder, Chemie der Ackerkrume, II. Bd., p. 61.

4) Taddei bei Mulder, l. c.

5) R. Maly, Untersuchungen über die Mittel zur Säurebildung im Organismus. Chem. Centralbl. 1878, p. 56.

Es ist bekannt, dass Lithiumsalze mit Natriumphosphat beim Kochen eine Fällung von Trilithiumphosphat ergeben, während das Filtrat vom Niederschlag sauer reagirt. Maly meinte, die Reaction gehe im wesentlichen vor sich nach der Gleichung:

$$Na_2HPO_4 + 3\,LiCl = Li_3PO_4 + 2\,NaCl + HCl,$$

dass also hierbei freie Salzsäure auftrete.

Durch Versuche mit Normallösungen und Aciditätsbestimmungen im Filtrate vom basischen Lithiumphosphat lässt sich aber leicht zeigen, dass der Hauptvorgang nicht dieser sein kann, sondern vielmehr höchstwahrscheinlich nach dem Schema:

$$2\,Na_2HPO_4 + 3\,LiCl = Li_3PO_4 + 3\,NaCl + NaH_2PO_4$$

vor sich geht. Es bildet sich dabei also keine freie Salzsäure, wie Maly meinte, sondern die saure Reaction des Filtrates rührt von zweifach saurem Phosphat her. In ähnlicher Weise ist wohl auch die Reaction von einfach saurem Alkaliphosphat mit Silbernitrat aufzufassen, wobei die saure Reaction des Filtrates vom Trisilberphosphat kaum von freier Salpetersäure herrühren dürfte, sondern ebenfalls von zweifach saurem Phosphat[1]). Das Gleiche möchte ich von der Reaction zwischen Natriumphosphat und Ferrosulfat vermuthen. Insoweit ist also Maly's Auffassungen nicht unbedingt zuzustimmen. Dass aber die Reactionen von einfach und zweifach saurem Alkaliphosphat mit Alkali- und Erdalkalichloriden freie Salzsäure liefern, hat Maly bereits sicher zu stellen vermocht, und ich kann seine Resultate bestätigen und erweitern. Zum Nachweise freier Salzsäure in einer Alkalichlorid und Phosphat enthaltenden Lösung bediente sich Maly des Methylvioletts und stellte ferner auch Diffusionsversuche an. Methylviolett reagirt in wässeriger Lösung auch auf den Zusatz sehr kleiner Mengen freier Salzsäure durch einen Umschlag in deutlich blaue Nuance[2]). Mit zweifach saurem Phosphat verändert sich, wie ich gegenüber Maly bemerken

---

1) Vergl. W. Ostwald, Die wissenschaftl. Grundlagen der analyt. Chemie, Leipzig 1894, p. 176.

2) Angegeben wurde die Reaction zuerst von Witz (Zeitschrift f. analyt. Chemie, Bd. 15 [1876], p. 108). Nach Maly's Vorgang wurde das Methylviolett in der botanischen Physiologie auch von Detmer verwendet (Botan. Zeitung 1884, p. 793).

will, Methylviolett wohl auch, doch in äusserst wenig verschiedener Nuance. Den Versuch des Nachweises freier Salzsäure in einem Gemisch von Chlorid und Phosphat stellt man am besten folgendermassen an. In vier gleiche Porzellanschalen wird je die gleiche Menge (ca. 30 cm^3) verdünnter, wässeriger Methylviolettlösung gegeben. Hierzu kommt in I 30 cm^3 destillirtes Wasser, in II ebenso viel $^1/_{10}$ normal KH_2PO_4, in III ebenso viel $^1/_{10}$ normal KCl, in IV je 15 cm^3 des Kaliumphosphates und -chlorids. I und III sind dann vollkommen gleich violett; II hat einen ganz leichten Stich in's Blaue; IV ist aber viel deutlicher blau und von den anderen sofort zu unterscheiden. Maly versuchte auch die quantitative Bestimmung der gebildeten Salzsäure, indem er die rascher als andere Bestandtheile diffundirende Säure durch Schichtendiffusion und Abheben der obersten Schichten zu trennen trachtete. Er bestimmte den Natron-, Phosphor- und Chlorgehalt dieser Schichten und fand thatsächlich einen Ueberschuss an Chlor, nachdem alles Natron als gesättigt berechnet worden war.

Indem das Chlorid in verdünnter Lösung als nahezu vollständig dissociirt angenommen werden muss, kann die Menge der entstehenden Salzsäure nur vom Dissociationsgrad des primären Phosphates bestimmt sein, welcher in verdünnter Lösung unter normalen Umständen etwa 9 % beträgt[1]), daneben tritt natürlich secundäres Phosphat auf:

$$\begin{array}{c|c|c} K & H & HPO_4. \\ K & Cl & \end{array}$$

Verständlich ist es ferner, dass sich die Acidität der Lösung, etwa bei Titrirung mit Normalkalilauge, gleich stellen muss, ob nun in der Phosphatlösung Chlorid zugegen ist oder nicht. Maassanalytisch nachweisbar wird die freie Salzsäure erst dann, wenn sie von dem gleichzeitig entstehenden secundären Phosphat getrennt wird, etwa durch Diffusion oder Entfernung des Phosphates.

Die von Maly gleichfalls schon studirte Einwirkung von Erdalkalichloriden auf Phosphat lässt sich in ähnlicher Weise

1) W. Ostwald, Zeitschrift f. physikal. Chemie, III, p. 591 (1889).

auf analoge Vorgänge zurückführen. So dürfte die von Maly beobachtete Salzsäurebildung bei der Einwirkung von zweifach saurem Alkaliphosphat auf Chlorcalcium in folgender Weise zu Stande kommen:

$$\begin{array}{l|l|l} Na_2 & H_2 & (HPO_4)_2 \ (2\ \text{Mol.}\ NaH_2PO_4). \\ Ca & Cl_2 & \end{array}$$

Wenigstens stimmt mit diesem Schema die Beobachtung Maly's, dass bei Gegenwart von Calciumchlorid mehr Salzsäure durch primäres Alkaliphosphat gebildet wird, als wenn Alkalichlorid zugegen ist. Interessant ist die ebenfalls von Maly festgestellte Thatsache, dass bei der Einwirkung des alkalisch reagirenden secundären Alkaliphosphates auf neutrales Calciumchlorid saure Reaction und Salzsäurebildung eintritt. Das von Maly bestimmte optimale Verhältniss von 13 Mol. Phosphat auf 17 Mol. $CaCl_2$ ist sehr nahe gleich 4:5 und lässt vermuthen, dass die Zersetzung erst saures primäres Phosphat liefert und dann ein dem letztbeschriebenen Vorgang gleicher Process statthat:

$$\begin{array}{l} 4\,Na_2HPO_4 \\ 5\,CaCl_2 \end{array} = \left\{ \begin{array}{l} Ca_3(PO_4)_2 \\ \begin{array}{l|l|l} 2\,Na & H_2 & PO_4 \\ 2\,Ca & Cl_2 & \end{array} \\ 6\,NaCl \end{array} \right.$$

Damit stimmt auch, dass der Calciumphosphatniederschlag Anfangs stets gelatinös ist, also aus Triphosphat besteht, während er später nach längerem Stehen mindestens zum Theil krystallinisches secundäres Phosphat enthält, welches eben den genannten secundären Umsetzungen entstammt. Chloride sind im Boden allenthalben zugegen, und dieselben gehören bekanntlich zu jenen Verbindungen, welche dem Boden durch verschiedene Lösungsmittel sehr leicht entzogen werden können, indem ihre Bindung in den verschiedensten Bodenarten sehr gering ist. Im Vereine mit dem von Pflanzenwurzeln abgeschiedenen Monokaliumphosphat muss es daher zur Bildung kleiner Mengen von Salzsäure kommen, welche ihre Einwirkung auf das umgebene Medium entfalten wird. Dass die Quantität dieser Salzsäure freilich nur eine ausserordentlich geringe genannt werden kann,

ist schon dem Umstande zu entnehmen, dass im molekularen Verhältniss genommen höchstens 10 % Salzsäure (auf 100 Kaliumphosphat) entstehen können, weil das Phosphat nur zu $^1/_{10}$ dissociirt ist und hierdurch allein die Salzsäuremenge bestimmt wird. Von der Quantität des abgegebenen Phosphates aber kann man sich nach der Angabe Knop's[1]) eine Vorstellung bilden, wonach Maispflanzen in 25 Tagen 0,007 g Phosphorsäure an Wasser abgaben, was auf Kaliumphosphat gerechnet 0,0066 g ausmacht. Theoretisch möglich ist hierdurch eine Bildung von bloss 0,16 mg Salzsäure. Nach den Bestimmungen des genannten Autors beträgt aber die von den Wurzeln einer Maispflanze innerhalb 24 Stunden ausgeschiedene Kohlensäuremenge 0,2—0,55 g[2]). Es ist schon daraus zweifelhaft, ob neben den durch Kohlensäure bedingten Corrosionserscheinungen jene, welche die vorhandene Salzsäure verursachen kann, überhaupt in Betracht kommen und sicher beobachtet zu werden vermögen. Ueberdies liegen für diese Art der Säurebildung bezüglich corrosiver Wirkung auf Gesteine die Dinge doch etwas anders, als für eine directe Säureproduction aus Wurzelzellen, wie sie bei der Kohlensäureausscheidung statthat. Muss im letzteren Falle naturgemäss der höchste Concentrationsgrad der Säure an der Membran der Zellen selbst vorhanden sein, so gilt dies nicht in gleicher Weise für die Lage des maximalen Salzsäuregehaltes bei Ausscheidung primären Phosphates und Gegenwart von Chloriden in der umgebenden Bodenflüssigkeit. Da ist es überhaupt fraglich, ob innerhalb einer bestimmten Zone des umgebenden Mediums ein maximaler Säuregehalt zu finden ist, und ein allenthalben gleich grosser Salzsäuregehalt ist vielleicht eher denkbar. Jedenfalls aber muss an den Zellmembranen nicht der stärkste Gehalt an Säure vorhanden sein, und damit ist die wesentliche Bedingung zum Zustandekommen umschriebener Anätzungen, dem Verlaufe der Wurzeln und Wurzelhaare folgend, für die durch Pflanzenwurzeln vermittelte Salzsäurebildung in Frage gestellt.

Die Salzsäurebildung durch Reaction zwischen Monokaliumphosphat und Chloriden in Wasserkulturen durch Vermehrung der Acidität der Lösung nachzuweisen, scheitert an dem Um-

1) W. Knop, Landwirthsch. Versuchsstat., Bd. IV (1862), p. 175.

2) Kreislauf des Stoffes, 1868, Bd. I, p. 656.

stande, dass die Pflanzen das Phosphat so rasch aus der Lösung aufnehmen, dass eine starke Abnahme der Acidität zu Stande kommt, wogegen das kleine durch Salzsäurebildung bedingte Plus verschwindet. Die Rechnung ergiebt, dass es sich bei der anwendbaren Phosphatmenge nur um wenige Milligramm Salzsäure handeln kann. So können z. B. in 200 cm^3 einer 0,4procentigen Phosphatlösung bei gleichzeitiger Anwesenheit von Chlorid überhaupt nur 8,6 mg HCl gebildet werden. Da bekanntlich 0,1 cm^3 einer Zehntelnormalkalilauge 0,37 mg Salzsäure entspricht, so entspricht die in 20 cm^3 Lösung enthaltene Salzsäure in diesem Falle 0,23 cm^3 Zehntelnormallauge und wäre eben noch mit Hilfe dieser Methode nachzuweisen. Möglich, dass Bestimmung der Phosphorsäureabnahme im Vergleich zur Aciditätsabnahme ein Plus ergiebt, welches auf Rechnung der anwesenden Salzsäure zu stellen wäre. Darüber habe ich keine experimentellen Erfahrungen. Ich halte es übrigens nicht für nothwendig, sich darauf einzulassen, indem ja durch qualitative Reaction (Methylviolett) die Gegenwart von Salzsäure in einer Chlorid und Phosphat enthaltenden Lösung sicher gestellt werden kann, und aus der Kenntniss der dabei stattfindenden Vorgänge ein directer Schluss auf die Quantität der freien Säure gestattet ist. Dieselbe hängt in verdünnter Lösung nur von der Menge des Phosphates ab und 1 Mol. HCl entspricht 9—10 Mol. Phosphat.

Sind auch die durch den pflanzlichen Stoffwechsel im Substrat erzeugten Salzsäurequantitäten sehr geringe, so dass sie sich dem Nachweise durch den directen physiologischen Versuch entziehen, so werden sie andererseits gewiss ausreichen, um in längeren Zeiträumen bestimmte Wirkungen auf andere im Boden vorhandene Substanzen hervorzurufen, und es ist sehr wahrscheinlich, dass damit ein Weg gewiesen ist, auf welchem durch Aufschliessung unlösliche Mineralsalze dem Stoffwechsel zugänglich gemacht werden. Es ist auch zu berücksichtigen, dass die bisher vorliegenden quantitativen Daten über Phosphatausscheidungen durch Pflanzenwurzeln, welche an Wasserkulturen gewonnen wurden, uns doch nur ein unzureichendes Bild entwerfen von jenen Vorgängen, welche sich an den im Boden normal lebenden Wurzeln abspielen. Vielleicht sind die Pflanzen im Stande, noch intensivere Production von saurem Phosphat zu

entfalten, als wir nach dem jetzigen Versuchsmaterial annehmen dürfen, und jedenfalls sind die näheren Verhältnisse aller dieser eben erst aufgedeckten Erscheinungen weiterhin festzustellen.

Möglich ist es, dass auch die von Rautenberg und Kühn[1]) beobachtete Ansäuerung der Kulturflüssigkeit bei in Wasserkultur erzogenen Bohnen und Maispflanzen nach Darreichung von Chlorammonium auf ähnlichen Reactionen der Salze der Nährlösung beruht. Allein von den genannten Forschern ist über die Zusammensetzung der angewendeten Lösung sowie über die quantitativen Verhältnisse der Salze in der sauer gewordenen Flüssigkeit nichts angegeben worden, und es muss die Klarstellung dieser Dinge anderen Untersuchungen überlassen werden. Jedenfalls gelingt es nicht, wie ich mich gelegentlich wiederholt überzeugte, in reiner Ammoniumchloridlösung durch darin vegetirende Pflanzen saure Reaction hervorzurufen. Später ist noch Biedermann[2]) auf die in Rede stehende Angelegenheit zurückgekommen und hob hervor, dass die (von in chloridhaltiger Nährlösung eingequellten Samen) producirte Säure quantitativ vollkommen unabhängig sei von der dargereichten Chloridmenge. Auch dies würde mit den geäusserten Vermuthungen im Einklange stehen.

Endlich sei auch an die Erfahrung erinnert, dass alkalische Reaction in Wasserkulturen besonders bei Abwesenheit von Chloriden leichter als sonst eintritt, ein Umstand, welcher gleichfalls bei weiteren Untersuchungen über Säurebildung zu verwerthen sein wird.

Es ist möglich, dass ausser Chloriden auch Salzen anderer Säuren, welche in ähnlicher Weise stark dissociirt sind und welche von den Wurzeln nicht lebhaft verarbeitet werden, bezüglich einer Säurebildung unter Vermittelung des ausgeschiedenen Monokaliumphosphates eine analoge Rolle zukommt wie den Chloriden. Dabei wäre an primäre Sulfate z. B. zu denken. Fernere experimentelle Erfahrungen werden über die Berechtigung dieser Ansicht zu entscheiden haben.

---

1) F. Rautenberg und G. Kühn, Landwirthsch. Versuchsstat., Bd. VI (1864), p. 358.

2) K. Biedermann, Landwirthsch. Versuchsstat., Bd. IX (1867), p. 312. Zu vergleichen ist auch W. Detmer, Pflanzenphysiolog. Practicum, II. Aufl., Jena 1895, p. 204, woselbst jedoch quantitative Versuche fehlen.

Kein Irrthum dürfte es sein, dem primären Kaliumoxalat, welches die Wurzeln von *Hyacinthus*, vielleicht auch noch anderer Pflanzen abscheiden, im Verein mit Chloriden eine ähnliche Function beizumessen, wie sie dem Monokaliumphosphat nach unseren Darlegungen zukommt. Dabei müsste das neben Salzsäure auftretende neugebildete Oxalat ein schwer oder unlösliches Salz, wie das Kalksalz sein. Wegen der anderen organischen Säuren gegenüber sehr starken Dissociation der Oxalsäure dürfte es sich um energische Wirkungen handeln.

Gewiss aber birgt die Phosphorsäure als Bildnerin freier Mineralsäure bedeutende physiologische Vortheile in sich, welche anderen ungesättigte Salze bildenden Säuren nicht zukommen. Es ist dies besonders der Umstand, dass durch Zusammentreten nur schwach saurer Körper, amphoter reagirender Gemische oder selbst alkalisch reagirenden Salzes mit Neutralsalzen Salzsäurebildung vermittelt werden kann. Da arbeitet die Pflanze in ähnlichem Sinne wie der Chemiker, wenn er, um bei einer Reaction Wirkungen freiwerdender starker Mineralsäuren zu vermeiden, durch Zusatz von Natriumacetat diese sonst eintretenden Vorgänge ausschliesst. Der Zweck der Reaction wird erreicht, und dabei sind schädliche und störende Wirkungen starker Säure nicht mehr möglich. So entspricht die Wahl des Monokaliumphosphates oder anderer Phosphate zur Säurebildung den ökonomischen Principien, welche uns bei den Einrichtungen und Verkettungen von Vorgängen im Organismus allenthalben begegnen. Die anderen bekannten Reactionen, welche zur Bildung von kleinen Mengen starker Mineralsäure mit Hilfe sauer reagirender Salze oder schwächerer freier Säuren führen, arbeiten weit weniger sparsam. So pflegt man den zuerst von Emmerling[1]) verfolgten Einwirkungen freier organischer Säuren (Oxalsäure) auf Chloride oder Nitrate auch innerhalb des Organismus eine gewisse Bedeutung zuzuertheilen[2]). Die Möglichkeit des Stattfindens scheint auch geboten; doch ist es nicht zu verkennen, dass diese Mineralsäureproduction mit viel grösserem Aufwand

1) Berichte d. deutsch. chem. Gesellsch., Bd. V (1872), p. 780 und A. Emmerling, Beiträge zur Kenntniss der chem. Vorgänge in der Pflanze. Kiel 1874.

2) Hierzu vergl. man die oben citirte Arbeit von Detmer (Botan. Zeitung 1884, p. 791).

von saurer Reaction verbunden sein muss als die dargelegte Phosphatwirkung. Wie es sich mit der Production freier Mineralsäure aus Neutralsalzen durch relativen Mehrverbrauch der Base verhält, harrt wohl noch weiterer Aufklärungen. Unmöglich ist es nicht, dass manche angeblich hierher gehörige Fälle auf andere Ursachen zurückzuführen sind.

So wäre eine hervorragende physiologische Bedeutung der phosphorsauren Alkalisalze nicht nur in deren stufenweiser Dissociation, bezüglich der primären Salze auch in dem Vorhandensein von Wasserstoffjonen, sondern auch in der Reaction derselben gelegen, welche es unter möglichster Vermeidung von Säureüberschuss gestattet, Bildung kleiner Mineralsäuremengen zu ermöglichen. Uns interessirte hier nur die Säurebildung im Substrate durch Pflanzen. Die weitere Aufgabe, diese Verhältnisse im internen Stoffwechsel von Zelle zu Zelle kritisch zu sondiren, sollte hier nicht berührt werden.

Anhang:
Säurewirkungen durch andere Pflanzenorgane als Phanerogamenwurzeln.

Eigene experimentelle Erfahrungen über Säurewirkung seitens der Haftorgane der Algen und Flechten zu sammeln, hatte ich noch nicht Gelegenheit. Das Gleiche gilt von etwaiger Ausscheidung saurer Salze oder freier Säuren durch Pilzhyphen[1]), welche Fragen zur Zeit noch ziemlich offen sind.

Ob die bekannten Aushöhlungen in Kalkfelsen, welche *Euactis calcivora* verursacht, durch Kohlensäureausscheidung allein bedingt werden, muss vorläufig unentschieden gelassen werden, ebenso wie das Einfressen gewisser Algen *(Gomontia polyrrhiza)* in alte Kalkschalen verschiedener Meeresmollusken und die Befestigung vieler Braunalgen durch ausgebildete Haftorgane an Felsen noch dringend einer aufklärenden Untersuchung bezüglich etwaiger Säurewirkung bedarf.

Bei der Wirkung der Flechten auf ihr Substrat vermöchte möglicher Weise die Vermuthung De Candolle's[2]), dass es

1) Literatur bei Zopf, Die Pilze (Schenk's Handbuch, Bd. IV) p. 454—55.

2) De Candolle, Pflanzenphysiologie, übersetzt von J. Röper, Stuttgart 1833, Bd. I, p. 191.

sich um Oxalsäureausscheidung handle, wenigstens theilweise zu Recht bestehen, indem eine anderwärts bereits nachgewiesene Secretion primären Kaliumoxalates statthaben könnte. Uebrigens scheint in der Natur bisher keine Gesteinsveränderung durch Flechten beobachtet zu sein, welche nicht kohlensäurehaltiges Wasser allein auch bewirken könnte. Dies gilt vom Kalkstein und Feldspat, welcher letzterer durch kohlensäurehaltiges Wasser ebenso in Kaolin umgewandelt wird, wie durch die Einwirkung von Flechtenwuchs.

Cap. IV. Ueber Fermente im Wurzelsecret.

Wenn wir von den Spross- und Spaltpilzen absehen, so steht Fermentausscheidung aus Zellen vielzelliger Pflanzen nach aussen hin bisher sicher von den Hyphen vieler Schimmelpilze und mancher höher stehender Pilze[1]), von den Haustorialfortsätzen phanerogamer Parasiten[1]) und endlich, Dank der Untersuchungen Strasburger's[2]) und Miyoshi's[3]), von den Keimschläuchen der Pollenkörner der Phanerogamen. Höveler[4]) und vor ihm schon Molisch[5]) haben auch von den Wurzeln der Laubmoose Ausscheidung diastatischer und zellhautlösender Fermente behauptet, doch kann ich vorläufig den wenigen von den genannten Forschern publicirten Versuchen noch keine exacte Beweiskraft zuertheilen. An dieser Stelle handelt es sich uns aber nur um die Frage, ob bei den Wurzeln höherer Pflanzen sich ein mehr weniger allgemeines Verkommen von Abscheidung irgend welcher Fermente behaupten lässt. Selbstverständlich sehen wir bei diesen Untersuchungen in vorhinein von den mit Mycorrhizen behafteten Wurzeln ab, bei denen es bereits nach den bekannten Thatsachen sehr wahr-

1) W. Zopf, Die Pilze in Schenk's Handbuch der Botanik, IV. Bd. (1890), p. 446—51.

2) Vergl. G. J. Peirce, A Contribution to the Physiology of the Genus Cuscuta. Annals of Botany, March 1894.

3) E. Strasburger, Jahrb. f. wissensch. Botanik, Bd. XVII (1886), p. 94.

4) M. Miyoshi, Flora 1894, p. 90.

5) W. Höveler, Jahrb. f. wissensch. Botanik, Bd. XXIV (1892), p. 283.

6) H. Molisch, Ueber Wurzelausscheidungen. Sitzungsber. d. kais. Akad., Wien 1887, Bd. 96, p. 17 des Separatabdr.

scheinlich ist, dass die Pilzhyphen Fermente nach aussen hin abscheiden. Dies gilt vor allem von den Wurzeln der chlorophyllarmen Saprophyten *(Monotropa, Neottia)*. Molisch hat nun in seiner bereits mehrfach citirten Arbeit den Nachweis zu führen gesucht, dass Ausscheidung diastatischen sowie invertirenden und, wenn ich die Interpretation der Versuche mit Knochenplatten recht verstehe, auch Leim peptonisirenden Fermentes so weit verbreitet sei, dass sie als allgemeine Eigenschaft von Phanerogamenwurzeln zu betrachten ist.

Die Behauptung Prunet's[1]), dass die Rhizome und Wurzeln von *Cynodon Dactylon* beim Durchbohren von Kartoffelknollen vermöge ausgeschiedenen diastatischen Fermentes Corrosion der den Wurzelspitzen nahe gelegenen Stärkekörner hervorrufen, hat Peirce[2]) bereits unwahrscheinlich gemacht und die leicht gebotene Möglichkeit einer Spaltpilzwirkung hierfür angedeutet.

Später hat Höveler denselben Gegenstand berührt, und auch dieser Autor schreibt das von ihm beobachtete Durchbohrtwerden von Torfmoosblättern seitens Wurzelhaaren von *Drosera* und *Viola palustris* dem Einfluss zellhautlösender Fermente zu. Ich kann nun diese bisher veröffentlichten Befunde zum grössten Theil nicht als einwandfrei betrachten. Wenn ich auch die Abscheidung gewisser Fermente aus Wurzelzellen a priori als sehr wohl möglich bezeichnen muss, so ist es doch nöthig an die vorliegenden Daten einen strengeren kritischen Massstab zu legen, als es bisher geschah, und es sei gleich betont, dass sowohl Abscheidung von diastatischem als von invertirendem oder peptonisirendem Ferment durch Wurzeln nach meinen Erfahrungen als sicher stehende Thatsache nicht anerkannt werden darf. Mindestens allgemein verbreitet sind solche Ausscheidungen nicht.

Diastase in Wurzelausscheidungen.

Diastase ist in Wurzeln, und zwar in allen Theilen derselben, stets nachweisbar vorhanden. Zerquetscht man jüngere

1) A. Prunet, Sur la perforation des tubercules de Pomme de Terre par les rhizomes du Chiendent. Révue génér. de Botanique, 1891.

2) G. J. Peirce, Das Eindringen von Wurzeln in lebendige Gewebe. Botan. Zeitung 1894, p. 171.

oder ältere Wurzeltheile einer Bohnen- oder Maispflanze zwischen Glasplatten und trägt ein Quantum des Wurzelbreies in Probirröhrchen ein, die mit verdünntem Kartoffelstärkekleister beschickt sind, so kann man sich durch einen Vergleich zwischen einer sofort angestellten und einer erst nach 12stündigem Stehen der Flüssigkeit vorgenommenen Zuckerprobe leicht überzeugen, dass die Probe nach mehrstündiger Einwirkung des Wurzelbreies auf den Kleister sehr beträchtlich stärker Fehling's Lösung reducirt als eine frische Probe. Letztere enthält natürlich auch bereits eine kleine Quantität reducirenden Zuckers, welcher aus den Geweben der Wurzeln direct herstammt. Wenn man auf den Ausfall der Schönbein'schen Reaction hin ein Urtheil abgeben darf, so enthalten auch die Wurzelhaare verschiedener untersuchter Keimpflanzen namhafte Mengen von Diastase.

Nach diesen Thatsachen ist es ebenso denkbar, dass Diastase aus Zellen der Wurzel austritt, wie wir es von dem Kaliumphosphat sicherstellen konnten. Im Gegensatze zu Molisch halte ich aber eine solche Ausscheidung vorläufig als unbewiesen und glaube, dass die von Molisch angestellten Versuche nicht im Stande sind, verschiedene Einwände zu verhüten.

Molisch stellte einerseits folgende Versuche an. Junge, auf feuchtem Papier gezogene Keimwurzeln wurden dnrch Eintauchen in 1 % Kleister mit einem dünnen Ueberzug von Kleister überzogen, sodann im dampfgesättigten Raum weiter kultivirt und der Versuch durch Behandlung der Wurzeln mit Jodtinctur controlirt. Während sich die Wurzeln anfangs rein blau färbten, so färbten sie sich später rothviolett, auch braun. Molisch schloss daraus auf eine Umwandlung der Stärke in „Erythrodextrin“ (Amylodextrin A. Meyer) durch diastatisches an der Wurzeloberfläche ausgeschiedenes Ferment. Der Versuch ist aber nicht rein. Zum ersten müssen beim Abheben der Würzelchen vom feuchten Papier nothwendig zahlreiche Verletzungen von Wurzelhaaren vorkommen, durch die Diastase an der Wundfläche vortritt, andererseits sind zur Zeit, zu welcher die Amylodextrinreaction sichtbar wird, nachweisbar in allen Fällen keimende Pilzsporen *(Penicillium)* und Spaltpilzcolonien auf den mit Kleister bedeckten Wurzeln vorhanden, Organismen, welche kräftige diastatische Wirkungen entfalten. Thatsächlich ist bei einer Versuchsanstellung,

wobei diese Fehlerquellen eliminirt sind, auch das Ergebniss des Experimentes ein anderes. Ich experimentirte mit sterilen unverletzten Keimwurzeln. Es wurden die oben (p. 337) beschriebenen Keimapparate benutzt und folgendermassen vorgegangen. Wie in den schon angeführten Versuchen mit sterilen Keimlingen (Mais) wurden die sterilisirten Samen in den sterilisirten Apparat gebracht und durch entsprechende Hebung des leeren Schenkels die Samen auf 24 Stunden in dem destillirten Wasser des Apparates untergetaucht, um dieselben quellen zu lassen, und sodann wieder an die Wasseroberfläche durch Senken des anderen Schenkels gebracht. Nach 3—4 Tagen keimten die Samen und und es wurde abgewartet, bis 6—8 cm lange Wurzeln entwickelt waren. Jetzt wurde in den leeren Schenkel unter den nöthigen Cautelen rasch ein kleines Quantum vorher sterilisirter, ziemlich concentrirter Kartoffelkleisterlösung eingegossen, durch Heben und Senken des rasch wieder verschlossenen Rohres mit dem Wasser vermischt, und schliesslich wurde das Rohr so weit gesenkt, dass die Keimwurzel der Maispflanze vollständig ausserhalb der Flüssigkeit sich befand. Die Wurzel war nun mit einer Schicht verdünnten Kleisters überzogen; man konnte sicher sein, dass keine Verletzungen herbeigeführt waren und keine Mikroorganismen an der Wurzeloberfläche sich angesiedelt hatten; die Pflanzen waren auch vollkommen gesund und wuchsen sehr kräftig. Eine Probe des Kleisters wurde vor dem Einfüllen auf reducirenden Zucker untersucht, und ich fand niemals, dass das andauernde Sterilisiren irgend welche Veränderungen des Kleisters erzeugt hätte. Ich konnte nun die Versuche beliebige Zeit hindurch stehen lassen: stets war an den herausgenommenen und mit Jodlösung geprüften Keimwurzeln nur reine Blaufärbung zu erzielen, nie Violettfärbung; auch die Flüssigkeit im Apparate liess nicht die geringsten Spuren von Amylodextrin erkennen. Eine correctere Durchführung der Molisch'schen Kleisterhöschenversuche ergiebt also keinen Anhaltspunkt für die Annahme diastatischer Wirkung durch Wurzelsecrete, und es sind die von Molisch beobachteten Erscheinungen (welche ich übrigens für die gleiche Versuchsanordnung gleichfalls constatiren konnte) als auf Fehlern der Methode beruhend anzusehen.

Weitere Versuche von Molisch waren in der Weise durch-

geführt, dass ältere, bereits mit Seitenwurzeln versehene Keimpflanzen von Mais und Bohne in verdünnter Kleisterlösung, welcher etwas Weinsäure zugesetzt worden war, mehrere Stunden bis Tage kultivirt wurden, und sodann die Prüfung der Flüssigkeit mit Jod und Fehling's Lösung auf Amylodextrin resp. reducirende Substanzen von Zeit zu Zeit vorgenommen wurde. Es wurden stets möglichst kleine Flüssigkeitsmengen (20 cm^3) auf mehrere (8—12) Keimwurzeln verwendet. Molisch beobachtete nun in allen von ihm angeführten Versuchen Eintritt von Amylodextrinreaction, und, wenn auch nicht regelmässig, so doch häufig auch Auftreten nachweisbarer Reduction der Kupferlösung. Vollständig negativ war der Befund aber bei bewurzelten Stecklingen von *Hedera* und *Eupatorium adenophorum*. Diese letztere Beobachtung lenkte bezüglich der positiven Befunde an Keimlingen meine besondere Aufmerksamkeit auf die Vermeidung von Eintauchen des Endosperms in die Kleisterlösung, und es wurde meinerseits ganz besondere Vorsicht aufgewendet, um ganz sicher Austritt von Diastase aus dem Endosperm, welcher zu dieser Keimungsperiode reichlich möglich ist, in der Kleisterlösung auszuschliessen. Ich überzeugte mich, dass besonders bei Mais ein Irrthum sehr schwerwiegend wäre, indem auch ohne besondere Vorkehrungen angestellte Versuche nur dann Violett- und Braunfärbung mit Jod geben, wenn das Endosperm in directer oder indirecter Berührung mit der Flüssigkeit steht. Sonst gelang es mir nie, an unverletzten (noch unverzweigten) Maiswurzeln Diastaseaustritt zu beobachten. Anders aber verhält es sich mit jungen Schminkbohnenpflanzen. Wenn man drei Wochen alte kräftige in Wasserkultur erwachsene Pflanzen dieser Art in Stärkekleister stellt, so wie Molisch es that, und dabei auf das Peinlichste eine Befeuchtung der Kotyledonen mit der Lösung ausschliesst, so kann man trotzdem thatsächlich nach 3 Tagen eine Amylodextrinreaction der Lösung constatiren. Einmal aufmerksam geworden, wie leicht bei derartigen Versuchen Verletzungen der Wurzel vorkommen, besonders da man ziemlich grosse Wurzelsysteme in kleine Gefässe bringt, achtete ich nun auch hier sorgfältig auf diesen Punkt. Thatsächlich ergab es sich bei fortgesetzten Versuchen, dass die Amylodextrinreaction um so schwächer auftrat, je vorsichtiger ich arbeitete, um Ver-

letzungen zu vermeiden, und je besser die Wurzelsysteme vor dem Einstellen in die Kleisterlösung durch behutsames Abspülen mit destillirtem Wasser gereinigt worden waren. Am einwurfsfreiesten in dieser Hinsicht waren aber auch hier Versuche im Keimapparat. In der schon geschilderten Weise wurden sterile Kulturen von Mais angelegt. In jedem Apparat befand sich ein Samen. Sobald kräftige Würzelchen entwickelt waren, wurde sterilisirter Kleister in den Apparat gebracht, und nun liess ich die Pflanzen zwei bis drei Wochen hindurch in der Lösung wachsen. Dabei wurde auf das sorgsamste geachtet, dass kein Moment ein Eintauchen des Endosperms statthatte. Die Pflanzen hatten nach Ablauf dieser Zeit sehr kräftige Wurzelsysteme ausgebildet, und sie begannen eben mit ihren oberirdischen Theilen den Wattepfropf der Röhre beiseite zu drängen, um aus dem Gefässe herauszuwachsen. Die Flüssigkeit wurde nun herausgenommen und untersucht. Jodlösung erzeugte stets nur rein blaue Färbung wie zu Beginn des Versuches, und Fehling's Lösung blieb nach Kochen mit dem Kleister unverändert. Amylodextrin oder weitergehende Producte der Hydrolyse waren also in der wochenlangen Versuchsdauer nicht gebildet worden, somit auch keine diastatische Wirkung durch Wurzelausscheidungen vorhanden gewesen. Ich möchte glauben, dass die hauptsächliche Fehlerquelle bei den von Molisch angestellten Versuchen nicht so Bakterienwirkung, als zahlreiche kleine bei seiner Methode unvermeidlich erfolgende Verletzungen der Wurzeln waren, welche Diastaseaustritt verschuldeten. Ob Austritt von Diastase aus dem Endosperm in die Flüssigkeit in einzelnen Versuchen statthatte, läst sich nach den vorliegenden Mittheilungen nicht entscheiden.

Die von Molisch beschriebene Eigenschaft der Wurzelausscheidungen, Guajakharzemulsion zu bläuen, also „oxydirend" zu wirken, möchte ich gleichfalls auf die Anwesenheit von Diastase beziehen. Bekanntlich besitzt Diastase (sowie Ptyalin, Blut, auch Eisenchlorid) die Eigenschaft Guajak direct zu bläuen[1]). Ich stütze diese Ansicht, welche Molisch direct nicht ausgesprochen

1) Nach Baranetzky (Stärkeumbildende Fermente, Leipzig 1878, p. 9) zuerst von van den Broek (Jahresber. d. Chemie von Liebig und Kopp, 1849/50, p. 455) am Saft der Kartoffelknolle beobachtet und Eiweisssubstanzen zugeschrieben.

hat, [illegible] darauf, dass die Intensität der Amylo[illegible]
reaction mit die Intensität des Vermögens Guajakemulsi[illegible]
bläuen bei den Versuchen in auffallender Weise parallel
Ich führe einen Versuch mit [illegible] an, welcher nach de[illegible]
Molisch angegebenen Methode (Einstellen der Pflanzen [illegible]
möglichst kleines Quantum Wasser und Prüfung des let[illegible]
mit Guajak) ausgeführt war.

	Guajakreaction		Jodrea[illegible] nach 3tägigen [illegible] im Kl[illegible]
	nach 15 Minuten	nach 30 Minuten	
1. Wasser allein . . .	+	+	bla[illegible]
2. Wurzeln mit destillirtem Wasser abgespült	+	+	Stä[illegible] in's Vi[illegible]
3.	binnen 5' meergrün	nach 5' meergrün	röthlich
4.	+	Spur nach 15'	?
5. Ungewaschene Wurzel	nach 1' meergrün	nach 1' meergrün	keine F[illegible] mit Jod[illegible]

Der Effect des Abspülens dürfte wahrscheinlich in der [illegible]fernung der aus den verletzten Stellen ausgetretenen Di[illegible] bestanden haben. Einen weiteren Beweis für die Indentit[illegible] guajakbläuenden Substanz mit Diastase muss ich darin erbl[illegible] dass in allen Fällen, in welchen keine diastatische W[illegible] erzielbar ist, auch keine Guajakbläuung mit der Kulturflüs[illegible] auftritt. So war es bei allen von Molisch und mir [illegible]suchten Stecklingen (*Hedera*, *Eupatorium adenophorum*, *Trade[illegible] zebrina*, *Plectranthus*) und nach meinen Versuchen (aber im G[illegible]satz zu Molisch's Angaben) bei den Luftwurzeln von *T[illegible] fragrans* und *Hartwegia comosa*. Uebrigens hat sonst keine [illegible] normalen Wurzelsecret nachweisbaren Substanzen (Kaliumfo[illegible] Monokaliumphosphat) die Eigenschaft, Guajakemulsion zu bl[illegible]

Wenn man sorgfältig vor Verletzung geschützte Maisw[illegible] in ein schmales Probirgläschen mit destillirtem Wasser [illegible] und dann nach einiger Zeit die Flüssigkeit auf ihr Verm[illegible]hin prüft, Guajak zu bläuen, erhält man stets ein negatives Res[illegible]

ausser wenn das Endosperm mit dem Wasser in Berührung kam. So liess ich 5—6 Wurzeln in 10 cm^3 Wasser 2 Stunden stehen, ohne dass das Endosperm vom Wasser befeuchtet werden konnte; die Guajakprobe fiel stets negativ aus. Liess ich aber ein Endosperm nur 10 Minuten lang in Berührung mit dem Wasser, so hatte dasselbe die Fähigkeit erhalten, binnen 5 Minuten mit Guajak einen meergrünen Farbenumschlag aufzuweisen. Stand das Maisendosperm eine Stunde hindurch mit dem Wasser in Contact, so wurde das letztere mit Guajak augenblicklich blau.

In dem angeführten Versuche mit *Phaseolus* kam ein Diastaseaustritt aus den Kotyledonen bestimmt nicht in Betracht, und doch war der Ausfall der Guajakprobe ein positiver. Wie schon erwähnt, möchte ich dieses Resultat in erster Linie auf Rechnung der Verletzungen des Wurzelsystems bei den Versuchsmanipulationen setzen. Dafür spricht, dass Abspülen der Wurzeln einen sehr deutlichen Einfluss auf das Versuchsergebniss ausübt, und dass es gelingen kann, bei äusserst vorsichtigem Arbeiten die Diastasereactionen des Wassers auf ein Minimum herabzudrücken. Ganz bleibt die Reaction wohl deshalb nie aus, weil man wieder nach dem Abspülen durch das Einsetzen der Pflanzen in das kleine Kulturgefäss neue Verletzungen herbeiführt.

Obwohl sich von den Wurzeln aus Bohnenwasserkulturen nach meinen Beobachtungen stets Penicillium und Spaltpilze (auf Agar rasch wachsende aërobe unbewegliche Kokkenformen in grauweissen Colonien, nicht näher bestimmter Art) isoliren lassen, so glaube ich doch, dass diese Organismen beim Zustandekommen diastatischer Wirkung durch diese Wurzeln keinen Antheil haben. Dafür sprechen Versuche, die ich an nicht sterilen Kulturen, aber unter möglichst sicherer Verhütung von Verletzungen und strengster Vermeidung von Benetzung der Kotyledonen durch die Kulturflüssigkeit, anstellte. Der Apparat hierzu war den mehrfach erwähnten Keimapparaten ähnlich, nur grösser. Er hatte ebenso wie dieser den Zweck, durch Heben und Senken des leeren Rohres, ohne die Wurzel zu berühren, Flüssigkeit zur Untersuchung wegzunehmen oder neues Wasser zuzuführen. Die Pflanze war im ersten Keimungsstadium auf der Röhrenmündung des einen Schenkels sorgfältig so befestigt worden, dass die Kotyledonen hervorragten und nur die

Wurzel in das Wasser eintauchte. Die Pflanzen wuchsen n
im Apparat heran, und sobald ein reich verzweigtes Wurz
system (nach 2—3 Wochen) gebildet war, konnten entsprechen
Versuche, auf Diastasenachweis im Wasser gerichtet, vorgenomm
werden. Sie verliefen alle negativ, sowohl Kleister- als Guaja
versuche. Erstere wnrden, wie schon erwähnt, auch mit steril
Pflanzen (Mais) angestellt.

Molisch suchte auch dadurch die guajakbläuenden Eige
schaften der Wurzelausscheidungen zu erweisen, dass er Wurze
direct in Guajakemulsion tauchte und an denselben unmittelb
nach dem Herausnehmen Blaufärbung, namentlich in der Wurz
haarregion, constatiren konnte. Doch schreibt Molisch selb
diesen Experimenten für sich allein keine Beweiskraft zu, inde
er den Einwand erhebt, dass der Alkohol der Emulsion Epidermi
zellen tödtet und den Austritt guajakbläuender Substanzen veru
sacht. Das ist in der That der Fall. Man kann sich bei Wiede
holung der Molisch'schen Versuche überzeugen, dass Keimwürze
chen von *Hordeum*, *Zea* durch die gewöhnlich benutzte Guajakemu
sion (10 Tropfen Guajaktinctur auf 5 cm^3 Wasser) nicht geblä
werden, sondern nur durch viel stärkere Emulsion. Taucht man ab
vorher die Würzelchen auf ganz kurze Zeit in Alkohol ein u
bringt sie dann in die schwache Guajakemulsion, so tritt diesm
Bläuung der Wurzeloberfläche ein, und zwar um so schöner,
rascher und energischer die Einwirkung des reinen Alkohols vo
her gewesen war. Schon dies macht sehr wahrscheinlich, da
Molisch mit seiner selbst geäusserten Vermuthung recht hatt
und es sich bei dieser Versuchsanstellung um den Austritt v
bläuenden Substanzen (Diastase!) aus den getödteten Zelle
handelt. Dass die Ursache plötzliche rasche Plasmolyse is
wobei der Plasmaschlauch gesprengt wird, machen weitere Ve
suche mit Salzlösung plausibel. Bringt man Keimwurzeln a
etwa zwei Minuten in 10 % Chlornatriumlösung und dann i
die schwache Guajakemulsion, so tritt ebenfalls Bläuung ein, w
an den vorher mit Alkohol behandelten Wurzeln. Die Reactio
erfolgt langsamer als an mit starker Guajaklösung gefärbte
Wurzeln, aber in einer Viertelstunde war kein Intensitätsunte
schied in der Färbung merklich. Dies bietet einen weitere
Grund zur Annahme, dass rasche Plasmolyse der Wurzelhaa

zellen, Zersprengung der Plasmahaut und Entleerung von Diastase nach aussen die Ursachen des Ausfalles der Versuche von Molisch waren.

Nach allem Angeführten ist es mir nicht möglich, den bisher über Diastaseausscheidung durch Phanerogamenwurzeln vorliegenden Untersuchungen eine Beweiskraft zuzuschreiben. Andererseits aber habe ich keinen Grund, die Möglichkeit einer solchen Ausscheidung in Frage zu stellen, wenn auch die nach möglichst einwandfreien Methoden angestellten Versuche zu negativen Ergebnissen führten. Jedenfalls aber möchte ich an ein allgemein verbreitetes und regelmässig vorkommendes diastatisch wirksames Ferment in Wurzelsecreten bislang nicht glauben. Natürlich spreche ich da nicht von Mycorrhizenpflanzen (z. B. *Neottia, Monotropa)*, bei welchen sich die Wirkung des Wurzelpilzes von Zellsecreten nicht scheiden lässt. Ich brauche wohl nicht hervorzuheben, dass Wurzelknöllchen bei den Versuchen Molisch's und meinen eigenen mit Leguminosen nicht in Betracht kamen, weil es sich um junge, noch dazu in Wasserkultur erzogene Pflanzen handelte.

Invertirendes Ferment im Wurzelsecret?

Bekanntlich hat Molisch auch die Existenz eines Rohrzucker invertirenden Fermentes behauptet und sich dabei auf Versuche gestützt, welche in ähnlicher Weise, wie die über diastatische Wirkung des Wurzelsecretes, angestellt waren. Daher gelten auch von diesen Versuchen die gleichen Einwände. Meine eigenen Versuche führten im Gegensatze zu denen Molisch's zu negativen Resultaten. Ich erzog mir behufs dieser Untersuchungen mit Hilfe meiner oben beschriebenen Keimapparate sterile Maispflanzen. Sobald dieselben nun 5—6 cm lange Keimwurzeln ausgebildet hatten, wurde in die Apparate sterilisirte Rohrzuckerlösung gebracht in einer Menge, dass die im Apparat vorhandene Flüssigkeit eine 0,2—0,4 % Rohrzuckerlösung darstellte. Der Zucker wurde durch oftmaliges Umkrystallisiren aus Alkohol rein gewonnen und behufs Sterilisirung 3—4 mal je eine halbe Stunde lang in mässig verdünnter (5 %) Lösung auf 100° erhitzt. Wie Prüfung sterilisirter Lösung mittels Fehling's Flüssigkeit zeigt, wird der Rohrzucker in ganz geringer Menge

durch die Sterilisirung stets invertirt, und es gelang mir kein verlässliches Sterilisirungsverfahren ausfindig zu machen, wobei eine Spaltung des Zuckers vollkommen und sicher vermieden wird. Darauf musste eben im weiteren Verlaufe des Versuches Rücksicht genommen werden. Die Maispflanzen wuchsen nun in der Zuckerlösung kräftig heran und blieben 10—11 Tage in derselben stehen. Sie hatten dann schöne Wurzelsysteme ausgebildet. Nach dieser Zeit entnahm ich nun den Keimapparaten die Flüssigkeit. Weil schon vorher Reduction von Fehling's Lösung gefunden worden war, wurde die Prüfung auf Invertirung seitens der Wurzeln folgendermassen angestellt. Aus einer bereit gehaltenen, die gleiche Zeit hindurch aufbewahrten sterilisirten Rohrzuckerlösung von der gleichen Concentration (0,2—0,4 %) und von je einer Apparatflüssigkeit wurden in Probirröhrchen gleiche Mengen abgemessen, zu jeder Probe das gleiche Quantum Fehling'scher Lösung zugesetzt und sodann alle Proben gleichzeitig gleich lang gekocht. In keiner Probe fiel nach 5 Minuten Kochen Kupferoxydul aus. Die Proben wurden nun über die Nacht bei Zimmertemperatur stehen gelassen. Am folgenden Morgen war in allen Proberöhrchen eine ganz geringe Menge Kupferoxydul ausgefallen, und die Kulturflüssigkeiten unterschieden sich bezüglich ihres Reductionsvermögens in keiner Weise von der reinen sterilen Zuckerlösung.

Auch nicht sterile Maispflanzen, in verdünnte Rohrzuckerlösung gestellt, invertirten den Zucker binnen 24 Stunden in keinem nachweisbaren Grade.

Demnach kann ich auch die Gegenwart invertirenden Fermentes in Wurzelausscheidungen nicht als nachgewiesene Thatsache betrachten; doch kann es natürlich auch hier nicht ausgeschlossen erscheinen, dass spätere Forschungen für bestimmte Fälle und Bedingungen thatsächlich das Vorkommen solchen Fermentes zu beweisen vermögen werden.

Von dem Gummiferment im Wurzelsecret, welches Molisch[1]) weiterhin aufgefunden zu haben meinte, kann ich hier wohl bereits absehen, indem sich seither die Ansichten von dem Werthe der angewendeten Reaction (Orcin-Salzsäure) geklärt haben.

1) l. c., p. 23.

Peptonisirende Wirkungen der Wurzelausscheidungen sind gleichfalls nicht zu constatiren. Wenigstens wird Hühnereiweisslösung auch bei langer Berührung mit Maiswurzeln nicht im geringsten verändert, wie Versuche im sterilen Keimapparate ergaben. Lässt man den Versuch auch 3—4 Tage bei 25—30° C. im Dunkeln stehen, so ist in der hierauf abgenommenen Kulturflüssigkeit nach Ausfällen des Albumins keine Spur eines durch Phosphorwolframsäure fällbaren Körpers vorhanden, und sie liefert auch keine Biuretreaction.

Wenn sich nun die Annahme einer Ausscheidung verschiedener Fermente seitens der Wurzeln höherer Pflanzen, wenigstens eines regelmässigen Vorkommens solcher Secretion kaum aufrecht erhalten lässt, so handelt es sich gewiss nicht um ein Bestreiten der Thatsachen, welche auf die Möglichkeit der Ausnutzung organischer Stoffe des Bodens durch Pflanzenwurzeln hinweisen. Seitdem Molisch in seiner verdienstvollen Arbeit neuerdings die Aufmerksamkeit auf diesen Gegenstand gelenkt und vor der Werthunterschätzung organischer Verbindungen für die Stoffaufnahme durch Wurzeln gewarnt hat, haben sich noch die bekannten Thatsachen in dieser Hinsicht vermehrt.

Wir wissen durch die Untersuchungen von Böhm[1]) und Acton[2]), dass zahlreiche Zuckerarten durch die Wurzeln aufgenommen werden können und auf diese Art selbst Stärkebildung in den Blättern im Kohlensäure freien Raume zustande kommen kann. Nach letzterem Autor soll die Pflanze sogar aus Humusextract, der durch die Wurzeln aufgenommen wurde, Stärke bilden. Andererseits sind es theilweise lange bekannte Thatsachen, dass Pflanzen mittels ihrer Wurzeln bestimmte stickstoffhaltige organische Verbindungen, Xanthinbasen, Amide und Amidosäuren, aufnehmen und zu verarbeiten vermögen. Ich verweise bezüglich der älteren Arbeiten auf die Literaturangaben in Pfeffer's Physiologie[3]) und will von neueren diesbezüglichen Untersuchungen besonders die sorgfältigen Versuche Baessler's[4])

1) J. Böhm, Botan. Zeitung 1883, p. 33.

2) E. H. Acton, The Assimilation of Carbon by Green Plants from certain Organic compounds. Proc. Roy. Soc. London, Vol. XLVII (1890), p. 150.

3) I. Bd., p. 242—243.

4) Landwirthsch. Versuchsstationen, Bd. 33, p. 231.

hervorheben, welche die Möglichkeit der Aufnahme von Asparagin durch Maiswurzeln und dessen Verarbeitung durch die Pflanze bewiesen haben.

Theoretisch besteht also die Möglichkeit z. B. Maispflanzen von den Wurzeln aus durch fertig vorgebildete Kohlehydrate und zur Eiweisssynthese passende organische stickstoffhaltige Körper zu ernähren, so dass sie eigentlich von ihrer Fähigkeit organische Verbindungen selbst aufzubauen keinen Gebrauch machen müssten. Damit ist aber freilich keineswegs zugleich dargethan, dass in einer Maispflanze, der wir etwa Traubenzucker und Asparagin darreichen, auch ein in jeder Hinsicht normales Getriebe des Stoffwechsels in Gang gesetzt würde. Wenn auch mit Darreichung aller nöthigen organischen Verbindungen im fertigen Zustand die Verarbeitung derselben voraussichtlich nach den gleichen Gesetzen verlaufen wird, als ob die Stoffe in der Pflanze selbst entstanden wären, so ist damit noch immer nicht bewiesen, dass kein Ausfall anderweitiger zum normalen Zustand nöthiger Vorgänge im Stoffwechsel stattfindet, welche in der selbstassimilirenden Pflanze thätig sind und die etwa durch die Selbstfabrikation des Nährmaterials erst ausgelöst werden. Eine mit Zucker und Asparagin gefütterte Pflanze kann gerade so gut trotz alledem kränkeln und sich sehr merklich von normal assimilirenden Individuen unterscheiden, wie etwa manche Alpenpflanze, in den Garten versetzt, dahinkümmert, obgleich wir ihr das gleiche Substrat, Standortsverhältnisse, Beleuchtung möglichst genau wie im Freileben dargereicht haben. Die im Ernährungsversuch festgestellte Möglichkeit der facultativen Verarbeitung einer organischen Verbindung ist also trotz anscheinend günstigen Erfolges nicht ohne Weiteres ein zwingender Grund, die Existenz dieser facultativen Verarbeitung auch bei der frei lebenden Pflanze anzunehmen. Es ist gewiss nicht leicht, bei dieser facultativen Verarbeitung die Grenze des Normalen und eines Zustandes, den wir als Nothzustand bezeichnen können, festzustellen, ja nicht immer dürfte eine scharfe Unterscheidung zu treffen sein. Dazu kommt noch als weiteres zu berücksichtigendes Moment, dass die wild wachsende Pflanze bei Gegenwart verbrauchbarer organischer Verbindungen die Wahl hat zwischen diesen und der Erzeugung solcher Verbindungen in eigener Regie; sie wird auch

verschieden wählen, je nach den gebotenen Umständen. Es ist aber noch ganz unbekannt, was für Wechselbeziehungen bestehen z. B. zwischen Kohlensäureassimilation und der Verarbeitung gleichzeitig dargebotenen Zuckers. Möglich, dass manche Pflanze gegebenen Falls überhaupt nicht Kohlensäure assimilirt, wenn sie fertigen Zucker genügend verarbeiten kann, so wie nach Winogradsky[1]) das *Clostridium Pasteurianum* keinen freien Stickstoff verarbeitet, wenn man ihm Ammoniaksalze in genügender Menge zur Verfügung stellt. Möglich ist aber auch der gegentheilige Fall, dass die grüne Pflanze jeder Zeit die gebotene Kohlensäure assimilirt, dass sie aber auch gelegentlich dargebotenen Zucker aufnimmt und aufarbeitet, so wie eine *Drosera*, wenn sie einen Fang gethan hat, ihre Stickstoffnahrung theilweise aus diesem bezieht, aber auch sehr wohl gedeiht, wenn sie keine Insecten erjagen kann.

Es frägt sich nun weiter, ob den Pflanzenwurzeln besondere Einrichtungen zukommen, wodurch etwa Stoffe organischer Natur gleichsam aufgeschlossen, gelöst und assimilirbar gemacht werden können. Die Gegenwart von Fermenten, die allerdings wie bei Pilzen ein wirksames Mittel hierzu in bestimmten Fällen sein könnte, liess sich für die Wurzelausscheidungen nicht erweisen; und von den eruirten Substanzen des Wurzelsecretes scheint bereits a priori keine geeignet, irgend welche directe Wirkung auf das Substrat auszuüben, die in der angedeuteten Hinsicht von Nutzen wäre. Allerdings wird aber die in dieser Arbeit studirte Säurewirkung der Wurzelausscheidungen auf das Substrat in künftigen Forschungen auch in Beziehung auf die im Boden enthaltenen organischen Verbindungen mehr in Betracht gezogen werden müssen, als es bisher geschehen ist. Es bietet die Möglichkeit, saure Reaction in der Umgebung zu erzeugen, Schutz gegen die Gefahr alkalischer Reaction im Substrate, wogegen Wurzeln bekanntermassen sehr empfindlich sind. Dann ist es ja nicht ausgeschlossen, dass die von Pflanzenwurzeln producirte Säure bestimmte Veränderungen der im Boden befindlichen Kohlehydrate aus todten Pflanzen begünstigt, so dass verarbeit-

1) S. Winogradsky, Recherches sur l'assimil. de l'azote libre de l'atmosphère par les microbes. Extr. des Arch. d. sc. biolog., t. II, No. 4, St. Pétersbourg 1895.

bare Substanzen entstehen, aber andererseits Reactionen, wodurch zu weitgehende Zersetzungen erzeugt oder schädliche Substanzen hervorgehen, hemmt oder gänzlich verhindert. Ueber unbestimmte Vermuthungen kann man aber bei dem heutigen Stande der Dinge nicht hinausgehen. Eine weitere Bedeutung der sauren Wurzelausscheidungen könnte endlich in einem Einfluss auf symbiotisch lebende Pilze liegen, und es ist nicht undenkbar, dass die Pflanzenwurzeln ihre Knöllchenpilze oder ihre Mycorrhizapilze durch eine passend saure Reaction der Umgebung sich gewissermassen heranzüchten, indem unter diesen Verhältnissen kein anderer Bodenorganismus so wohl gedeiht wie der specifische Wurzelpilz, der seinerseits an die Wurzel wieder assimilirte Stoffe abgiebt. Während der Mycorrhizapilz aus organischen Verbindungen der Erde wenigstens theilweise seine Nahrung zieht, brauchte die Wurzel, um sich die durch den Pilz assimilirten Stoffe zugänglich zu machen, nur die Fähigkeit, den Pilz an sich zu fesseln, sei es durch chemische Reizwirkung, sei es durch Schaffung eines nur für diese Species und für keine andere nutzlose Pilzart geeigneten Nährmediums, unter Beihilfe von seitens der Wurzelzellen ausgeschiedenen Substanzen. Alle diese Fragen seien hier nur beiläufig aufgeworfen, und künftige Forschungen werden erst zeigen müssen, welcher von den jetzt erst sichtbar werdenden Pfaden zu erstrebenswerthen Zielen führt.

Cap. V. Zusammenfassung einiger wichtigerer Ergebnisse.

Die Wurzeln der höheren Pflanzen scheiden sowohl bei Kultur im dampfgesättigten Raume, als auch in Wasserkultur eine Reihe von gelösten Substanzen aus, theils anorganischer, theils organischer Natur.

Die Tröpfchen welche im dunstgesättigten Raume häufig an Wurzelhaaren zu beobachten sind, werden durch Blutungsdruck (Druckfiltration) hervorgerufen, und erscheinen nur bei hochgradiger Turgescenz der Haarzellen.

Von unorganischen Stoffen, welche Wurzeln an Wasser abgeben, sind zu nennen: Kali, Kalk, Magnesia, Salzsäure, Schwefelsäure und Phosphorsäure. Nur Kali und Phosphorsäure sind in einigermassen reichlicher Menge zugegen und finden sich in

Form von primärem Kaliumphosphat, in manchen Fällen als weitaus vorwaltender Bestandtheil des Verdunstungsrückstandes der Wurzelausscheidungen.

Das Monokaliumphosphat stammt aller Wahrscheinlichkeit nach grösstentheils aus lebenden Wurzelhaarzellen, der Epidermis und den äusseren Rindenzellen der haartragenden Region.

Essigsäure oder Milchsäure, wie mancherseits behauptet wurde, findet sich in Wurzelausscheidungen nicht. Ameisensäure und zwar in Form ihres Kalisalzes ist ein durchaus nicht seltenes Vorkommniss im Wurzelsecret. Dieselbe diffundirt aus lebenden Zellen der jüngsten Wurzelpartien und ist daher kein Product, welches Zersetzungsvorgängen entstammt.

Isolirt steht bis jetzt der Befund von Oxalsäure als primäres Kaliumoxalat in den Ausscheidungen der Wurzeln von *Hyacinthus orientalis*.

Die bekannte Erscheinung der bleibenden Röthung von Lakmuspapier durch die Ausscheidungen von Pflanzenwurzeln beruht in der Regel auf der sauren Reaction des secernirten Monokaliumphosphates. Ihre Intensität ist verschieden, und diese Differenzen gehen parallel der ausgeschiedenen Phosphatmenge. Eine andere Ursache hat dagegen die saure Reaction der Hyacinthenwurzeln auf Lakmuspapier, welche auf primäres Oxalat zurückzuführen ist.

Wenn man die Corrosionserscheinungen durch Wurzeln an Gesteinsplatten an künstlich hergestellten Platten studirt, welche aus Substanzen von bekannter Löslichkeit in bestimmten Säuren bestehen, so gelingt es festzustellen, dass der ausgeschiedenen Kohlensäure mindestens der Hauptantheil an allen zur Beobachtung kommenden Anätzungserscheinungen zugestanden werden muss.

Man kann im Allgemeinen sagen, dass Substanzen, welche durch Kohlensäure nicht in Lösung gebracht werden können, auch von den Wurzelausscheidungen in merklichem Grade nicht angegriffen werden, so dass corrosive Wirkungen aufzutreten vermöchten. Dabei ist zu bemerken, dass es sich hierbei natürlich nicht um die Wirkung in freiem gasförmigen Zustande befindlicher Kohlensäure handelt, sondern um die lösenden Wirkungen von kohlensäuregesättigter Flüssigkeit, wie das Imbibitionswasser der äusseren Membranschichten der Wurzelzellen und die nächst benachbarten Flüssigkeitsschichten des Bodenwassers sie darstellen

muss. Uebrigens lassen sich auch alle bekannten Corrosionserscheinungen durch Kohlensäurewirkung vollkommen verstehen.

Es hat sich somit ergeben, dass die Röthung von Lakmusfarbstoff und die Corrosion von Gesteinen durch Wurzeln auf der Wirkung nicht derselben, sondern zwei verschiedener Substanzen (Monokaliumphosphat, Kohlensäure) beruht. Eine andere freie Säure als Kohlensäure wird, wenigstens regelmässiger Weise, von den Wurzeln höherer Pflanzen nicht ausgeschieden.

Säurewirkung durch von Pflanzenwurzeln abgeschiedene Stoffe auf das Substrat ist jedoch aus einer Reihe empirisch festgestellter Thatsachen wahrscheinlich, und es findet auch thatsächlich eine solche statt, abgesehen von den durch Kohlensäure bedingten Effecten. Hervorragenden Antheil an der Vermittelung dieser Wirkung nimmt das primäre Kaliumphosphat, welches die Wurzeln abscheiden, indem es in Reaction mit Neutralsalzen starker Säuren tritt, und auf diese Weise zur Entstehung kleiner Mengen der betreffenden Mineralsäuren führt. Besonders dürfte es sich um Chloride und Salzsäurebildung handeln. Bedingung für eine solche Säurewirkung auf das Substrat ist, dass das dissociirte Neutralsalz nicht rasch von der Pflanze aufgenommen und verarbeitet wird, sondern in mehr weniger unverminderter Menge mit dem Phosphat in Reaction treten kann. Sind naturgemäss die entstehenden Säuremengen sehr klein, so werden sie doch ausreichend sein, um in längeren Zeiträumen in gut durchwurzelten grösseren Bodenmassen nennenswerthe Effecte zu erzielen, wodurch die unlöslichen Bodenbestandtheile aufgeschlossen und von der Pflanze sich zu Nutzen gemacht werden können.

Eine Ausscheidung diastatisch wirksamen oder invertirenden Fermentes durch die Wurzeln höherer Pflanzen ist wohl physiologisch nicht undenkbar, stellt aber gewiss kein regelmässiges Vorkommniss dar. Kritische Wiederholung der Versuche Molisch's, welcher ein regelmässiges Vorkommen dieser Fermente im Wurzelsecrete behauptet hatte, zeigte vielmehr, dass die Befunde negativ ausfallen, wenn man die Fehlerquellen genau berücksichtigt.

Wien, Januar 1896.

Pflanzenphysiologisches Institut der Universität.

Untersuchungen über die physiologische Anatomie der Pilze
mit besonderer Berücksichtigung
des Leitungssystems bei den Hydnei, Thelephorei und Tomentellei.

Von

Gy. v. Istvánffi in Budapest.

Mit Tafel III—VII.

Unter dem Titel „Beiträge zur physiologischen Anatomie der Pilze"[1]) publicirte ich, mit Rücksicht darauf, dass man die Pilze vom Standpunkte der physiologischen Anatomie noch nicht gewürdigt hat, meinen ersten Versuch zur Begründung der physiologischen Anatomie der Pilze. Meine diesbezüglichen Untersuchungen waren natürlicher Weise mit nicht geringen Schwierigkeiten verbunden. Die Pilze als Organismen ephemerer Lebensdauer — und dies sind sie auch, besonders betreffs der uns in erster Linie interessirenden Fruchtkörper — scheinen auch keine solche Einrichtungen zu besitzen, die vom Gesichtspunkte der physiologischen Anatomie aufgefasst und erklärt werden konnten. Wenigstens war diese Auffassung die bisher vorherrschende, und ist dies vielleicht auch die Ursache, weshalb sich die Anatomen mit den Pilzen nicht abgeben wollten. Dem ist aber nicht so. Die Pilze boten schon in ihren einfachsten Formen, wie auch in den Gebilden der höchsten morphologischen Differenzirung, eine ausserordentlich mannigfache Gestaltung der verschiedensten physiologisch-anatomischen Principien dar, so dass schon mit den wenigen von mir zusammengebrachten Bausteinen ein schematischer Aufbau der physiologischen Anatomie der Pilze ermöglicht wurde.

1) Istvánffi, Adatok a gombák physiologiai anatomiájához. Természetrajzi Füzetek, XIV, 1891, 52—67 pp., m. 1 Taf. u. französ. Resumé.

In meiner eben erwähnten Abhandlung habe ich mir die Aufgabe gestellt, die Gewebesysteme der Pilze nach den Grundsätzen der physiologischen Anatomie zu gruppiren.

Um eine ähnliche Classificirung durchführen zu können, musste zuerst der Begriff des Gewebes und speciell der des pilzlichen Gewebes erst näher in's Auge gefasst werden. Wirkliche, durch Zweitheilung der Zellen entstandene Gewebe finden sich, wie bekannt, bei den Pilzen nur vereinzelt vor. Ich könnte als solche Fälle vielleicht die Pycnidenbildung erwähnen, die Zellplattenbildung kann eben wegen ihrer grossen Seltenheit kaum in Betracht kommen, und als wirkliches Gewebe bliebe uns wahrlich nichts anderes als der Vegetationspunkt der grossen *Rhizomorpha*-Formen übrig.

Im Körper der Pilze kommen also Hyphengewebe und scheinparenchymatische Gewebe vor, die sich aus den ersteren gebildet haben. Diese können wirkliche Gewebe täuschend nachahmen, wir könnten sogar von einer Gewebemimicry sprechen. Diese scheinparenchymatischen Gewebe sind ferner auch des Wachsthums fähig durch Streckung ihrer Elemente, ja sogar durch Theilung ihrer Zellen, dabei können ferner die verschiedenen Veränderungen auftreten, und es entstehen auf diese Art sogar sehr leicht auch prosenchymatische Gewebe, so dass wir am Ende bei Untersuchung des Pilzkörpers eine Fülle von Geweben vor uns haben, die nun näher untersucht, classificirt und erläutert zu werden verdienen.

Beim Studium der Scheingewebe und bei Durchmusterung ihrer grossen Fülle stossen wir auf sehr viele solche Gewebe, die auch, was die formelle Ausbildung betrifft, mit den Geweben höherer Pflanzen verglichen werden können; dadurch, dass solche Gewebe in mannigfaltigen Combinationen zusammentreten, entstehen wiederum Formationen höheren Ranges, Gewebeverbindungen und Einheiten, die uns lebhaft an die Gewebesysteme höherer Pflanzen erinnern.

Bei den Pilzen treffen wir also die Scheingewebe zur Verrichtung der nothwendigen physiologischen Functionen angepasst, wir können sie demnach gerade so wie die Gewebe der höheren Pflanzen auf ihre Functionen untersuchen und denen entsprechend gruppiren und unterscheiden. Der Unterschied zwischen echten

und Scheingeweben wird eben sehr hinfällig, sobald wir den höheren Standpunkt, nämlich denjenigen der physiologischen Anatomie zur Geltung bringen.

Nach meinen in dieser Richtung ausgeführten Untersuchungen müssen wir auch bei den Pilzen gewisse Einrichtungen, Systeme unterscheiden, doch haben alle diese Einrichtungen einen anderen Charakter, sie bieten eben etwas ganz Fremdes dar, denn die eigenthümliche Lebensweise der Pilze, ihre Anpassung macht sich auch in dieser Beziehung sehr auffallend bemerklich.

Die physiologischen Einrichtungen der Pilze treten eben nicht mit derselben Klarheit vor unsere Augen, wie vielleicht diejenigen der höher organisirten Pflanzen, immerhin aber sind sie soweit umschrieben und prononcirt, dass wir solche als wirkliche physiologisch-anatomische Einrichtungen erkennen und würdigen können.

Ich werde nun den Versuch machen, meine diesbezüglichen Untersuchungen in gedrängter Form darzustellen und werde die von mir durch das ganze System der Pilze durchgeführte Gruppirung hier in der Kürze auseinandersetzen.

Der Begriff des Gewebes kann, wie ich eben erwähnt habe, nicht im alltäglichen Sinne angewendet werden, ich will daher diesen Begriff umfassender gestalten und werde statt des Wortes „Gewebe“ lieber den Ausdruck „System“ oder „Einrichtung“ gebrauchen, damit die Thatsachen, welche ich besprechen werde, mit der Terminologie der physiologischen Anatomie möglichst in Einklang gebracht werden können.

Bei der Untersuchung der physiologischen Anatomie der Pilze diente mir die Schwendener-Haberlandt'sche Eintheilung als Grundlage, und unterscheide ich dieser entsprechend vier Systeme, nämlich:

1. System der Meristeme, der Gewebsbildung,
2. System des Schutzes,
3. System der Ernährung,
4. System der Vermehrung.

Von dem pilzlichen Körper beanspruchte nun natürlicher Weise die Frucht und besonders die höchst organisirte Frucht das grösste Interesse, und beziehen sich auch in Folge dessen

meine Auseinandersetzungen zum grössten Theile auf den Fruchtkörper der Pilze, besonders auf denjenigen der Hymenomyceten, der als der höchst organisirte pilzliche Gewebecomplex aufgefasst werden muss.

I. System der Gewebebildung, Theilungsgewebe. Den Meristemen und Urgeweben der höheren Pflanzen entsprechende Gewebebildungen sind bei den Pilzen sehr selten differenzirt. Am Scheitel mancher *Rhizomorpha*-Arten, z. B. bei *Armillaria mellea*, finden wir derlei Gewebe ausgebildet. Zwischen dem Vegetationspunkte der *Armillaria Rhizomorpha* und dem Scheitel einer Phanerogamenwurzel zeigt sich eine ausserordentlich grosse Aehnlichkeit, die durch die schleimige Hülle noch erhöht wird, welche die Aufgabe der Wurzelhaube erfüllt.

Ausser diesen Vegetationspunkten könnten wir noch die meristogenen Pycniden als hierher gehörig erwähnen. Solche Bildungen, wie die soeben genannten, sind sonst kaum anzutreffen, hingegen sind Bildungen oder Geweberegionen, denen die Bedeutung eines Vegetationspunktes zugesprochen werden kann, bei allen Hymenomyceten anzutreffen. Oberhalb des Hymeniums functionirt der untere Rand des Hutes nun als ein grosser Vegetationspunkt und baut den ganzen Hutkörper auf. Bei den resupinirten Fruchtkörpern, z. B. bei den Stereen, kann die Vegetationszone, d. i. der formell verschieden ausgebildete Vegetationspunkt, immer erkannt werden. Aus den vorhandenen Abbildungen in der Literatur lassen sich die Fälle sehr leicht zusammenstellen.

II. Das System des Schutzes ist bei den Pilzen mannigfach ausgebildet.

1. Hautgewebesystem. Bei den höheren Pilzen ist das Hautgewebe sehr schön ausgebildet, z. B. bei den *Agaricini* finden wir am Hute, am Stiele ein gut differenzirtes Hautgewebe entwickelt. Die verschiedenen Schuppen und ähnliche Bildungen, die bei manchen höheren Hymenomyceten etc. vorkommen, dienen zwar ebenfalls zum Schutze, können aber nicht zum eigentlichen Hautgewebesystem gerechnet werden.

Das Hautgewebe ist manchmal ganz einfach differenzirt und wird durch sehr eng zusammengepresste Hyphen gebildet. Sehr oft treten die äussersten Hyphen so eng zusammen, dass sie ein fast homogenes Gewebe bilden. Die äusserste Schicht kann auch in Schleim umgewandelt werden, die Membranen verschleimen und bilden so den bekannten Ueberzug vieler Pilze, den man mit der verschleimten Epidermis der höheren Pflanzen vergleichen kann. Dies finden auch wir bei den *Rhizomorpha*-Strängen der *Armillaria*.

Im Strunke der Hymenomyceten erreicht das Hautgewebe oft eine höhere Differenzirung, welche eine gewisse Aehnlichkeit mit der zusammengesetzten Rinde erreichen kann. Bei den Lactarien finden wir schöne Beispiele dafür. Während das Hautgewebe von *Lactarius deliciosus, L. glyciosmus* von verlaufenden Hyphen, welche mit der Oberfläche parallel sind, gebildet wird, ist das Hautgewebe von *Lactarius resimus* schon viel höher differenzirt (Fig. 13, Taf. VII).

Seine Rinde ist 4schichtig, zuerst treffen wir die äussere Rinde (*a*), sie wird von eng zusammengepressten Hyphen gebildet; darauf folgt eine Milchzellenschicht (*b*); die dritte Schicht (*c*) wird von einem sehr losen Hyphengewebe gebildet, welcher die Aufgabe der Ventilation, Luftzufuhr zukommt; die vierte Schicht (*d*) ist der am stärksten ausgebildete Theil der Rinde, sie ist so ziemlich fest und führt sehr viele Milchzellen. Diese Schicht kann im Gegensatz zu den übrigen äusseren drei Schichten als die innere Rinde bezeichnet werden.

Das Hautgewebe nimmt in seiner Festigkeit gegen die Basis des Strunkes merklich ab, es wird sehr lose und faserig.

Das Hautgewebe ist in sämmtlichen Fruchtkörpern ausgebildet, am schönsten bei den Tuberacei. Hier entsteht ein fast wirkliches Parenchym, deren äusserste 3—4 Schichten ganz rindenartig ausgebildet werden, ihre Membranen nehmen eine andere Farbe an, die äusserste Schicht ist sogar der Epidermis ähnlich. Eine ähnliche Rinde treffen wir auch in den Fruchtkörpern von *Penicillium glaucum, Aspergillus nidulans* etc. Uebrigens hat in der formreichen Gruppe der Ascomyceten das Stroma überall grosse Neigung für Rindenbildung; es sei *Chaetomium Kunzeanum*

als Beispiel erwähnt, die äussere Wand dieser Art hat sogar epidermoidale Rindenzellen, welche der echten Epidermis vollkommen entsprechen, sie sind stark verdickt, ein Prachtexempel für typisch ausgebildetes Hautgewebe. Gut ausgebildete Hautgewebe haben auch die *Polyporei*, besonders deren fleischige Arten, das Hautgewebe lässt sich leicht abschälen, z. B. bei *Polyporus sulfureus, frondosus, betulinus, Fistulina hepatica,* bei den *Boleten* etc. Die Rinde der holzigen Arten ist colossal entwickelt, so z. B. bei den fusslosen, sitzenden Fruchtkörpern, am auffallendsten bei der *Pleuropus*-Gruppe, bei *Polyporus lucidus, picipes* und Verwandten. Hier tritt übrigens eine Absonderung auf, die äusserten Hyphen scheiden einen Klebestoff aus, welcher der Rinde ziemliche Festigkeit verleihen kann.

Bei vielen Arten, z. B. bei *Agaricini, Polyporei,* wird die Rinde theilweise in Form von Bändern, Schuppen etc. abgeworfen. Bei den Lactarien entstehen durch die Collabirung der peripherischen Rosetten in der Rinde grössere Lufträume, oberhalb dieser reisst dann die Rinde auf und wird dann später abgeschürft (Weiss). Ich glaube den wahren Grund dieser Erscheinung auf das Dickenwachsthum zurückführen zu können.

Zu dem System des Schutzes muss man auch diejenigen Gebilde rechnen, die an den Früchten der niederen Pilze anzutreffen sind, ich denke hier an die schönen netzförmigen Verdickungen mancher Sporangien *(Cystopus Portulaccae)* und Sporen *(Tuberacei),* an die hakenförmigen, leistenförmigen oder stacheligen Verdickungen, z. B. bei *Absidia, Mortierella* und bei den übrigen Zygomyceten.

Zum Schutze dienen auch die Paraphysen in den Pyrenocarpien wie auch die Cystiden. Diese Gebilde verhindern eben das Abstreifen der Sporen von dem Hymenium; neuerdings habe ich eine ähnliche Adaptation für manche Secretbehälter nachgewiesen, die bei den *Hymenochaete*-Arten ganz cystidenähnlich ausgebildet sind und, als harte Borsten weit über die Basidien sich erhebend, diesen einen kräftigen Schutz bieten können. Diese Secretbehälter werden übrigens, ebenso wie viele Cystiden, noch durch mineralische Einlagerungen versteift, und ihre Membran wird dadurch noch widerstandsfähiger.

2. Das mechanische System ist in den Pilzen ebenfalls ausgebildet, ein Blick auf jeden beliebigen Fruchtkörper überzeugt uns davon.

Am einfachsten sind die mechanischen Einrichtungen bei den Phycomyceten angelegt.

Bei den einzelligen Arten wird die nothwendige Festigkeit durch die Elasticität der Wände und durch Turgor erreicht, bei vielen tritt in dem fructificirenden Thallus eine Cuticularisirung auf, z. B. bei *Mucor*, und es werden sogar, wenn noch eine grössere Festigkeit nöthig, zum Steifen des fruchttragenden Lagers Querwände angelegt, so z. B. bei der *Mucorini*-Gruppe.

Bei den vielzelligen Phycomyceten spielen die Querwände eine hervorragende mechanische Rolle; durch die Einschaltung von Querwänden wird die Festigkeit wesentlich erhöht, natürlich kommt die Elasticität der Membran und der Turgor auch in Betracht. In den Fruchtorganen kann die Festigkeit eben nur durch die Form der Früchte und durch die stärkere Ausbildung der Membran erreicht werden.

In dem Fruchtkörper der Ascomyceten spielt die Structur des Stroma, die Richtung der Hyphen und die stärkere Ausbildung der peripherischen Partien eine grosse Rolle bei der Festigung des Fruchtkörpers.

Die Pyrenomyceten bilden sozusagen ein äusseres Skelett aus, in welchem sich dann die Weichtheile sicher bergen können. Das äussere Skelett — bei näherer Betrachtung nichts Anderes als das Hautgewebe — liefert dann die nothwendige Festigkeit. Die Protobasidiomyceten erreichen eigenthümlicherweise durch die Absonderung eines Schleimes eine ziemliche Festigkeit.

Schöne mechanische Einrichtungen sind bei den höchst entwickelten Pilzen anzutreffen, bei manchen sind sogar für die Entleerung der Früchte besondere mechanische Einrichtungen ausgebildet (Ascomyceten, Gasteromyceten etc.).

Die Rinde spielt auch bei manchen Gasteromyceten eine mechanische Rolle, z. B. bei *Lycoperdon*, *Bovista*, *Geaster* wird die Festigkeit eben durch die stärkere Entwickelung des Peridiums erreicht. Die gestielten Phalloideen dagegen erlangen ihre Säulenfestigkeit durch die zusammengepresste Luft, welche

die elastischen Kammern zu dem erwünschten Grade ausdehnt und turgescent erhält.

Die gallertigen Formen der Autobasidiomyceten erreichen ihre mechanische Festigkeit in ähnlicher Weise wie die niedrigerer stehenden parallelen Formen, bei den Hemiangiocarpen ist ausser der Structur des Hyphengewebes die starke Ausbildung der Rinde von grosser Bedeutung. Die höchsten Formen der Hymenomyceten, besonders die Agaricini bieten eigenthümliche Gewebeeinrichtungen, die als mechanische Apparate angesprochen werden könnten. Die Anatomie der Agaricini ist hinreichend bekannt, ich bemerke deshalb nur kurz, dass der Fruchtkörper eines *Agaricus* aus zweierlei Haupthyphenformen besteht, erstens aus den sogenannten rosettenbildenden, blasenförmigen und zweitens aus den normalen fadenförmigen Hyphen. Dies sind die herrschenden gewebebildenden Elemente. Die Vertheilung dieser Elemente weist sogleich auf ihre eigentliche Bestimmung hin.

Die Fig. 1 u. 2, Taf. VII stellen einen Quer- und einen Längsschnitt aus dem Stiele des *Lactarius deliciosus* vor. Ich wählte absichtlich diese Art, um meine Abbildungen mit denen von Weiss (Ueber gegliederte Milchsaftgefässe, Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. Wien, CXI, I. Abth., 1885, T. I, F. f. 5) vergleichen zu können. Meine Abbildungen sind mit dem Abbé-schen Zeichenapparate aufgenommen, und beim ersten Blicke fällt uns die eigenthümliche Vertheilung beiderlei oben erwähnten Gewebe auf. An der Peripherie von Fig. 1, Taf. III erkennen wir zuerst die mit parallelen Linien nachgezeichnete Rinde, sie wird durch eng zusammengepresste, mit der Oberfläche parallel verlaufenden Hyphen gebildet. Es folgen nun die Rosetten, die jüngeren sind noch einschichtig, während die älteren, aus zwei bis drei Zellschichten bestehend, grössere, unregelmässige Inseln bilden; die rosettenbildenden Zellen sind immer um einen Mittelpunkt gruppirt und kann diese Vertheilung auch in den älteren Stadien noch immer constatirt werden. Die Rosettenzellen bilden, wenn wir auf ihren Ursprung zurückgehen, eigentlich kein besonderes Gewebe, denn sie entstehen durch die blasenförmige Erweiterung gewisser Aeste der gewöhnlichen Gewebehyphen (Fig. 17, 19, Taf. VII).

Die blasenförmig erweiterte Rosettenzelle verzweigt sich ihrer-

seits ebenfalls, wie z. B. die Fig. 19, Taf. VII, welche eine Rosettenzelle von *Lactarius deliciosus* darstellt. Die Rosettenzellen sind immer turgescent, innerlich sind sie von einem dünnen Protoplasmabeleg ausgekleidet; der reichliche Zellsaft, den sie enthalten, macht sie strotzend steif, und diese elastische Festigkeit, dieser stark gespannte Turgor ist ihre hervorragendste Eigenschaft, welche wir gleich näher in's Auge fassen werden.

Die Rosettenzellen sind immer um einen Mittelpunkt gruppirt und machen deshalb, besonders im jugendlichen Zustande, leicht den Eindruck, als ob sie durch Theilung entstanden wären, z. B. Fig. 11, Taf. VII. Sie erinnern eben lebhaft an die Bildung der Harzgänge oder aber an die Entstehung gewisser scheibenförmiger Haargebilde. Die Rosettengruppen bilden cylindrische Zellkörper, die an den beiden Enden ausgezogen und etwas zugespitzt sind (Fig. 2, Taf. VII). Diese Figur stellt einen radialen Längsschnitt vor, die Rosetten laufen parallel der Achse des Organs, die längste und breiteste Rosettensäule ist eben halbirt, während die anderen nur tangential gestreift wurden.

Die Rosetten bilden also cylindrische, eventuell auch etwas schlangenartig hin- und hergebogene oder gewundene, mit der Achse des Strunkes parallel verlaufende Gewebekörper, die eventuell auch untereinander in Verbindung treten können, dies geschieht dadurch, dass sie, Seitenzweige aussendend, sich mit den benachbarten Rosetten verbinden. Diese entstehen eigentlich durch schnelles Wachsthum, in Folge der raschen Streckung werden nämlich die Rosetten in die Länge gezogen. Ein Umstand hat den Anatomen, die sich mit den Agaricini beschäftigten, viel zu thun gegeben. Es war dies die Frage, was sich in der Mitte der Rosette befinde, ein Intercellularraum, eine Hyphe oder eine mit eigener Wandung versehene Milchzelle? Es sei nur auf die Beschreibungen von Corda, C. H. Schultz, Kützing, Bonorden, Hoffmann, De Seynes, De Bary, Weiss etc. hingewiesen. Nach meinen Erfahrungen ist in den meisten Fällen eine Milchzelle in der Mitte der Rosette, die sich dann durch die Achse der ganzen Zellgruppe hinschlängelnd in das Hyphengewebe verläuft (Fig. 12, Taf. VII). Dass hier ein Irrthum gänzlich ausgeschlossen ist, erhellt aus der Thatsache, dass wir die Achsenmilchzelle auch auf den Längsschnitten der

Rosetten sicher nachweisen können, besonders instructiv sind die Tinctionspräparate mit Saffranin; der fixirte Inhalt der Milchzelle färbt sich sehr intensiv roth, während die Rosettenzellen kaum einen merklichen rothen Ton annehmen können. Nur die Präparationsmethode war die Ursache, dass die früheren Beobachter die Achsenmilchzelle nicht nachweisen konnten, ohne eine Fixirung geht eben der Milchsaft verloren, und konnte man in diesem Falle den leeren Schlauch eventuell auch für einen Intercellularraum ansehen.

Diese soeben geschilderten Rosetten können nach meiner Auffassung auch zur Erfüllung mechanischer Aufgaben geeignet sein. Wenn man ihre Vertheilung berücksichtigt — sie liegen auf dem Querschnitte zerstreut, doch gegen die Peripherie viel enger —, ferner ihre Längenausdehnung und Turgescenz, so ist es nicht möglich, sich dieser Auffassung zu verschliessen.

Die Rosetten sind demnach mechanische Gebilde einfachster Art und sie dienen in cylindrischen Organen, also in Stielen, Strunken, zur Herstellung der Säulenfestigkeit und entsprechen dieser Aufgabe, wenn man ihre Vertheilung, ihren Verlauf betrachtet, denn sie bilden eben sehr elastische, schwer zusammenpressbare, cylindrische Elemente und Träger, die durch die Hyphengewebe, Füllungen, miteinander mechanisch verbunden werden. Diese mechanische Vertheilung, die bei den Lactarien und Russuleen sich besonders schön zeigt, kann nun mit der mechanischen Ausbildung mancher Monokotyledonen verglichen werden, und zwar mit dem „System der subcorticalen Fibrovasalstränge“, welches bei den Bambus-Arten und bei den Palmen am schönsten ausgebildet ist. Man könnte zwar dagegen Einwendung machen und die Hinfälligkeit der Rosettengruppen betonen wegen der dünnen Wände, die zur Lösung mechanischer Aufgaben weniger geeignet erscheinen. Dem ist aber nicht so. Was zuerst die dünnen Membranen anbelangt, so ist vielleicht eine stärkere Ausbildung bei solchen Organismen, wie die Fruchtkörper der Agaricini, in Anbetracht der kurzen Lebensdauer der Fruchtkörper, ziemlich überflüssig. Die Rosetten sollen zur Herstellung der Säulenfestigkeit dienen und scheinen auch gegen Druck ausreichend widerstandsfähig zu sein, ihr Turgor verleiht ihnen eben ziemlich grosse Solidität zum Auf-

rechthalten des nicht geringen Gewichtes, das in Form des Hutes auf dem Stiel lastet. Gegen biegende Kräfte sind die Rosetten natürlich nicht wirksam, wird aber auch der Stiel in diesem Sinne kaum in Anspruch genommen. Die langgestielten Formen müssen nach anderen Principien aufgebaut werden und sind auch in der That anders construirt. Das hier angewendete mechanische Princip ist das des Hohlcylinders, z. B. *Lepiota, Coprinus*. Im eigentlichen Sinne können aber auch diese Hohlcylinder nur säulenfest genannt werden, denn was die Biegungsfestigkeit anbelangt, sind die ausgehöhlten Fruchtstiele, Strunke, sehr schwach bedacht. Es giebt aber auch solche, die auch in diesem Sinne den höchsten Anforderungen entsprechen können, indem sie eine ganz ausserordentliche Elasticität erreichen, ich denke hier besonders an die *Mycena*-Arten. In dem Aufbau des *Mycena*-Stieles werden wir aber die weitgehendsten mechanischen Einrichtungen antreffen können. Nehmen wir z. B. den Stiel von *Mycena galopus* in Augenschein. Der Stiel wird von langen, cylindrischen Zellen gebildet, die ganz eng zusammengepresst sind und in Folge des gegenseitigen Druckes einem echten parenchymatischen Gewebe täuschend ähnlich werden. Die compacte Rinde mit ihren fest zusammengewachsenen Zellen bildet selbst schon einen wirksamen Schutzcylinder, das darauf folgende Gewebe, der innere Cylinder, ist auch mechanisch ausgebildet. Seine Zellen, besonders dessen peripherische Schicht, zeigen stark collenchymatische Wandverdickung. Dieser eben geschilderte Fall kann also mit dem System des durch subepidermale Mestombündel verstärkten Hohlcylinders verglichen werden.

Mycena galopus ist übrigens auch in anderer Hinsicht eine interessante Art, denn ihre Zellen führen — den höheren Pflanzen entsprechend — auch auf ihren Längswänden Tüpfel, was doch bei den Pilzen ein ziemlich vereinzelter Fall ist. Die Zellen stehen untereinander mit treppenförmigen Tüpfeln in Verbindung (Fig. 21, Taf. VII), die, an den Längswänden schön ausgebildet, uns lebhaft an die Treppengefässe erinnern, es kommen ferner in den Zellen eigenthümliche, leere, zapfenförmige Verdickungen vor (Fig. 20, Taf. VII), ja sogar ringförmige Verdickungen (Fig. 22, Taf. VII) finden sich vor, die, ganz den Oedogonien-Ringen ähnlich ausgebildet, der Längsstreckung der Zellen dienen.

Das mechanische Princip tritt auch bei dem Aufbau des Hymeniums der mit Lamellen versehenen Pilze in Vordergrund. Zu diesem Zwecke dient die palissadenartige Gruppirung der Basidien, wodurch die lange Lamelle, in deren Innern das Leitungssystem verborgen ist, beiderseitig versteift wird. Dadurch ist sie gegen die von unten wirkenden sowie gegen die scheerenden Kräfte, da sie im Querschnitte keilförmig V gebaut, widerstandsfähig geworden.

Der Hut selbst wird in den meisten Fällen auch von den Lamellen getragen, da solche oft an den Hut angeheftet sind, die Lamellen können in solchen Fällen als bogig ausgebildete Träger aufgefasst werden. Im Innern des Hutes finden wir dann noch die Rosettenstränge, die eine radiale Vertheilung erkennen lassen und spielen hiermit eine Rolle, die vielleicht mit der Gewölbeconstruction verglichen werden kann.

In der Ausbildung des Hymeniums will ich auf ein wichtiges Moment aufmerksam machen; dies ist das Princip der Flächenvergrösserung. Die diesbezügliche Bestrebung ist bei sämmtlichen Arten, selbst bei den Ascohymenien, leicht zu erkennen, am auffallendsten ist dies Princip bei den Basidiomyceten ausgeführt. Die stacheligen, runzeligen Hymenien lasse ich bei Seite und will nur die Agaricini charakterisiren.

Die Oberfläche des Hutes von einem mittelgrossen *Lactarius glyciosmus* (Durchmesser des Hutes 30 mm) ist ungefähr 972 qmm, ich will eben Angesichts dessen, dass der Hut immer etwas unregelmässig gebaut ist, den Stiel nicht abrechnen. Durchschnittlich können wir auf einen Hut 100 Lamellen rechnen, die Lamelle bietet eine ziemlich grosse Oberfläche, die mit 40 qmm nicht zu hoch gerechnet ist, aus diesen Daten erhalten wir nun eine Oberfläche von 4000 qmm statt der ursprünglichen Flächenausdehnung von 972 qmm! Diese Schätzung steht sicher weit hinter der Wirklichkeit zurück. Die hymeniale Ausdehnung ist also wenigstens viermal so gross als die zur Basis dienende Hutfläche, diese Flächenvergrösserung wird eben mit dem möglichst geringsten Materieaufwand erreicht. Bei den röhrigen Hymenien ist die Flächenvergrösserung vielleicht noch ausgiebiger.

III. System der Ernährung. Dieses System ist bei den Pilzen sehr einfach ausgebildet, es liegt eben auf der Hand, dass der Mangel an Chlorophyll die Ausbildung von sehr vielen Einrichtungen ganz überflüssig gemacht hat.

1. Das System der Absorption finden wir in dieser Pflanzengruppe zu einer gewissen Stufe der Vollkommenheit entwickelt, denn dieses System vertritt hier auch das assimilirende System — wenigstens was die Kohlensäureassimilation anbelangt — und übernimmt daher auch die Aufgabe der weiteren Aufarbeitung der aufgenommenen und vorbereiteten Nahrungsstoffe.

Abgesehen von den Formen, die nur mit einem rudimentären Mycelium versehen sind, oder aber überhaupt gar kein Mycelium besitzen — und in Folge dessen die Nahrung mit ihrer ganzen Oberfläche aufnehmen können —, müssen wir das Mycelium als das absorbirende System ansprechen, wir unterscheiden demnach:

a) Das einfache absorbirende System entspricht dem einzelligen oder gegliederten, reich verzweigten Mycelium. Schöne Beispiele liefern uns die Phycomyceten für die einfachsten Formen. Eine specielle Accommodation des absorbirenden Systems kann hier nicht unerwähnt bleiben, ich meine das von *Arthrobotrys oligospora*, das Absorptionssystem dieses Pilzes treibt eigenthümlich schlingenförmige Zweige, die nach Zopf zum Einfangen der Anguillulen dienen, sie sollen also nach meiner Auffassung wirkliche Nahrung herbeischaffende Einrichtungen darstellen.

b) Das zusammengesetzte Absorptionssystem entsteht durch die Vereinigung der Mycelfäden und kann flach, häutig, membranartig, bandförmig, faserig, strangförmig etc. ausgebildet werden. Bei den Ascomyceten finden wir schon sehr schöne Beispiele dafür, noch mehr aber bei den Basidiomyceten. Wenn die Hyphen sich vereinigen, kommen flache, bandförmige Gebilde zu Stande, auf einer höheren Stufe treten die Hyphen zu cylindrischen Bündeln zusammen, das faserige und strangförmige Absorptionssystem vertritt in diesem Falle ausser der Absorption auch mechanische Aufgaben, in dem solches auch die Befestigung des Fruchtkörpers übernimmt. Zu diesem Zwecke muss es zugfest gebaut werden, was übrigens bei diesen langlebigen Mycelien auch sonst von grosser Wichtigkeit ist. Die Zugfestigkeit wird

durch die starke Entwickelung der Rinde erreicht, die das eigentliche Absorptionssystem als eine schützende Hülle umgiebt. Ein anderes Mal, und dies sind die schönsten Fälle, entsteht ein centraler Cylinder, der, die mechanischen Aufgaben auf sich nehmend, dem Strange die nöthige Zugfestigkeit verleiht, das Absorptionssystem wird dabei auf die Peripherie verdrängt, dies sehen wir bei *Phallus impudicus*, wo das Absorptionssystem um einem centralen Markcylinder entwickelt wird.

Zu dem Absorptionssystem können noch die Haustorien *(Cystopus)*, die Appressorien *(Mucor)* gerechnet werden, die ausser der Befestigung des Lagers auch zur Nahrungsaufnahme dienen. Diese Organe erreichen eine sehr hohe Stufe der Ausbildung, indem sie sich zu Bündeln vereinigen, z. B. *Chaetocladium*.

Zuletzt will ich noch eine zur Flächenvergrösserung dienende Einrichtung erwähnen, es sind dies diejenigen Hyphen, die, das faserige Mycel überziehend, senkrecht davon abstehen und als einzellige Gebilde — nach Art der Wurzelhaare — zur Vergrösserung des Absorptionsapparates wesentlich und in ausgiebiger Weise beitragen können.

2. Leitungssystem. Nach meiner Auffassung kann der grösste Theil derjenigen Gebilde, die wir mit Olav Johan-Olsen beschrieben haben[1]), und ferner diejenigen, die ich jetzt noch nach meinen neueren Untersuchungen hier vorführen werde, zu dem Leitungssystem gerechnet werden.

Auf Grund unserer Untersuchungen, die wir auf sehr viele Arten ausgedehnt haben, waren wir zu der Annahme berechtigt, dass wir in diesen als Milchbehälter, Fettbehälter etc. unterschiedenen Organen eigentlich die Elemente des Leitungssystems vor uns haben. Ihre Entwickelung, Vertheilung und Verhalten bei der Fructification hat diese Auffassung als in vollstem Maasse berechtigt erwiesen, und glauben wir daher diese Organe mit Recht als die Elemente des Leitungssystems ansprechen zu können. Vorläufig ist das für uns von geringer Bedeutung, ob sie Nahrungsstoffe führen oder aber Nebenproducte des Stoff-

---

1) Istvánffi und Olsen, Ueber die Milchsaftbehälter und verwandte Bildungen bei den höheren Pilzen. Botan. Centralblatt, Bd. XXIX, 1887, p. 372 sq.

wechsels oder beide zu gleicher Zeit; die Untersuchungen lehrten eben, dass sie sowohl gefüllt als auch entleert werden können, und dass die Entleerung zu der Fructification in engster Beziehung steht, somit ist also diese hier betonte Auffassung vollkommen begründet.

Die Elemente des Leitungssystems können morphologisch sehr verschieden ausgebildet werden, es giebt eben kurze, keulenförmige Zellen, lange, dünne Schläuche, sehr lange, vielfach verzweigte und anastomosirende Röhren etc., man trifft eben allerlei Uebergänge innerhalb der Extreme an. Charakteristisch ist aber für alle Formen das Vorkommen eines Plasmaschlauches, der auch in den ganz alten Gebilden immer nachzuweisen ist; ferner das Vorkommen von Zellkernen, die schlauchförmigen sind sogar immer mehrkernig. Ich führe hier als Beispiel ein Element des Leitungssystems von *Mycena galopus* vor (Fig. 8, Taf. VII), in welchem das Plasma und die Kerne durch Tinction sichtbar gemacht worden sind.

Die Elemente des Leitungssystems entstehen schon sehr frühzeitig als seitliche Ausstülpungen an den gewöhnlichen Gewebshyphen. Die ersten Spuren sind schon im Mycelium zu erkennen als seitliche Aussprossungen an den Mycelästen. Wenn der junge Fruchtkörper schon präformirt ist, so sind sie in der Mitte des jungen, papillenförmigen Fruchtkörpers in einen dichten Knäuel zusammengeballt, auf ähnlicher Weise treten sie auch in den Rhizomorphen und im bandförmigen Mycelium auf. Diese schon in den jüngsten Fruchtkörpern nachweisbaren Elemente des Leitungssystems, die früher als Milchzellen, Milchbehälter unterschieden wurden, versehen später den ganzen Fruchtkörper, indem sie sich reichlich verzweigen und den ganzen Fruchtkörper durchdringen. Später entstehen nur noch sehr wenige Elemente im Stiele, auch diese nehmen ihren Ursprung von den gewöhnlichen Gewebehyphen.

Was ihre Vertheilung anbelangt, so ist nie eine gewisse Regelmässigkeit zu verkennen, gewöhnlich treten sie am Rande des Stieles auf und zwar in einer oder in mehreren Schichten, ferner treffen wir sie auch immer unter dem Hymenium; dieser Umstand spricht besonders für ihre Rolle sowie ihre zahlreiche Verbindung mit den umgebenden Gewebehyphen (Fig. 7, Taf. VII).

Die als Milchzellen unterschiedenen Elemente bilden sehr oft zapfenförmige Verdickungen, Scheidewände, und sind bei den Lactarien für gewöhnlich auch getüpfelt, z. B. bei *L. glyciosmus*, die Tüpfel lassen sich aber nur an den älteren Elementen erkennen. Dieser Umstand spricht ebenfalls für meine Auffassung, wie auch die häufige Beobachtung, dass sie von den Gewebehyphen umschlungen, umwachsen werden, um in eine möglichst enge Berührung kommen zu können. Die Milchzellen können auch untereinander anastomosiren, die eigenen Zweige treten aber auch in Verbindung miteinander, wie ich dies hier an der Fig. 3, Taf. VII *(Lactarius deliciosus)* abgebildet habe.

Die ursprüngliche Vertheilung der Milchbehälter verräth nicht im Geringsten ihre spätere definitive Vertheilung. In den ganz jungen, kaum ein paar Millimeter hohen Fruchtkörpern treffen wir sie im Stiele gleichmässig zerstreut, sie folgen einer der Längsachse des Stieles parallelen Richtung. Ihre Verzweigungen dringen natürlich durch den Stiel in alle Richtungen und können diese als Punkte an der beigegebenen Zeichnung erkannt werden (Fig. 9, Taf. VII, *Lactarius resimus*, rechts der junge Fruchtkörper in natürlicher Grösse). Im Hute entwickelt sich das Leitungssystem, wenn es durch die Form von Milchbehältern vertreten, in radialer Richtung fächerförmig, die Milchbehälter biegen dann ihre Zweige in langen Bogen in den Rand des Hutes. Zu dieser Zeit findet man unterhalb des Hymeniums nur wenige Elemente, später aber vermehren sie sich hier ausserordentlich und dringen auch in das Hymenium ein.

Im Hute ist das Leitungssystem subcortical ausgebildet, wie ich dies an den jungen Fruchtkörper von *Lactarius resimus* (Fig. 10, Taf. VII) gezeichnet habe, — seine specielle Ausbildung ist aber verschieden, bei *Lactarius glyciosmus* z. B. dringen die Milchzellen radiär in die Lamellen, während bei *Lactarius resimus* wir die entgegengesetzte Vertheilung treffen. Sie verlaufen aber immer im Mittelgewebe der Lamelle, in der Trama, und senden von dort ihre Aeste in das Hymenium; merkwürdig ist es dabei, dass sämmtliche Aeste in das Hymenium eindringen, und es bleiben in der Trama keine übrig, ein Theil der Lamelle von *Lactarius deliciosus* (Fig. 5, Taf. VII) kann dies schön erläutern. Die Seitenzweige, die in das Hymenium hineindringen, bohren

sich zwischen die Basidien ein, stehen manchmal sogar hervor, und, was bemerkenswerth ist, sie verzweigen sich wiederum in reichlichster Weise (Fig. 6, Taf. VII), so dass sie mit den Basidien in vielfache Berührung kommen können. Bei den Lactarien dringt das Leitungssystem auch in die Rosetten ein (Fig. 12, Taf. VII), es kann sie sogar ganz umwachsen und bildet so ein Analogon zu den Gefässbündeln. Auch bei den Lactarien habe ich gesehen, dass sie auch auf die Oberfläche austreten, und zwar im Stiele, wo die Seitenzweige der mit der Achse parallel verlaufenden Milchbehälter — die Rinde durchbohrend — senkrecht auf die Oberfläche hinauswachsen; an der Basis des Stieles, wo die Rinde sich ganz auflöst, treten wieder sehr viele, der Richtung der Hyphen folgend, an die Oberfläche (Fig. 16, Taf. VII, *Lactarius resimus*).

Von den hier geschilderten Fällen finden wir allerlei mögliche Uebergänge ausgebildet. Als typische Formen des Leitungssystems unterschieden wir die *Fistulina*- und *Mycena*-Form, auf die Schilderung dieser Typen will ich aber nicht eingehen, es kann aber in unserer Arbeit nachgesehen werden. Diejenigen Organe, die wir mit Olav Johan-Olsen als Fettbehälter unterschieden haben, müssen nach meinen neueren Untersuchungen ebenfalls zu dem Leitungssystem gerechnet werden. Und nun gehe ich über auf meine neueren Untersuchungen, die ich über die verwandten Organe der Hymenomyceten, besonders aus der Familie der *Hydnei*, *Tomentellei* und *Thelephorei* ausgeführt habe.

Nach dem Erscheinen unserer Arbeiten, die wir mit Olav Johan-Olsen ausgeführt haben, hatte sich eigentlich nur Van Bambeke[1-2]) mit ähnlichen Untersuchungen beschäftigt und lieferte mehrere Arbeiten über die *Hyphes vasculaires*, wie er die Elemente des Leitungssystems genannt hat. Die Untersuchungen von Van Bambeke[3]) haben alle unsere Ergebnisse in vollstem

1) Recherches sur les hyphes vasculaires des Eumycetes I. Hyphes vasculaires des Agaricinées. Communication préliminaire. Botanisch Jaarboek, uitgev. d. k. Kruidkundig Genootsch. Dodonaea, IV, 1892.

2) Contribution à l'étude des hyphes vasculaires des Agaricinés. Bull. de l'Acad. roy. de Belgique, 3. Sér., t. XXIII, 1892, No. 5 p. 472—490.

3) Hyphes vasculaires du Mycélium des Autobasidiomycètes. Mém. couron. et des savants étrangers de l'Acad. roy. de Belgique, t. LII, 1894.

Maasse bestätigt. „Dans ses „Études rélatives à l'anatomie physiologique des Champignons", Gy. d'Istvánffi arrive à des semblables conclusions" sagt Van Bambeke, fügt ferner hinzu: „D'après ce botaniste, les lacticifères et les formations analogues constituent, dans le système nutritif, ce qu'il appelle l'appareil conducteur" und reproducirt dann meinen Satz folgenderweise: „La disposition de ces organes et leur présence chez toutes les formes que nous avons examinées, répondent au rôle que nous leur attribuons. Car je ne regarde pas comme un mélange de substances éliminées, le suc que la plupart renferment (par exemple les lacticifères), mais comme des matériaux nécessaires à l'édification du corps et de la fructification" [1]). Il invoque aussi, et avec raison, comme argument à l'appui de sa thèse les anastomoses fréquentes des lacticifères avec les filaments du tissu conjonctif. Meine Schlussfolgerungen werden durch Van Bambeke ebenfalls angenommen, und er schliesst seine Arbeit, aus der wir diese Citate wiedergeben (Hyphes vasculaires des Autobasidiomycètes p. 26—27), mit diesen Worten: „Il est généralement admis que les lacticifères des Russules et des Lactaires sont destinés au transport des matières plastiques, et, plus d'une fois, on a fait un parallèle entre eux et les lacticifères des Phanérogames. Mais, entre les lacticifères et les autres Hyphes vasculaires des champignons, il n'y a pas de différence fondamentale; comme les recherches de d'Istvánffi et Olsen l'ont prouvé, tous ont une origine identique, tous apparaissent primitivement dans le mycélium; s'il existe, d'autre part, certaines différences au point de vue de la forme, et de la nature du contenu, on constate qu'une foule d'états intermédiaires relient toutes ces variétés entre elles."

Van Bambeke hat sich in seinen Untersuchungen auf die meisten Familien der Autobasidiomyceten verbreitet und bearbeitete aus zehn Familien 53 Arten. Er schliesst sich meiner Auffassung an, indem er sich ebenfalls für das Leitungssystem als richtige Bezeichnung dieser Gebilde ausspricht.

Auf diese Weise wurden dann meine Untersuchungen durch

---

1) Istvánffi, Études rélatives à l'anatomie physiologique des Champignons. Természetrajzi Füzetek, XIV, 1891, p. 96—106.

die Thätigkeit von Van Bambeke ergänzt, es blieben eben nur die auf niedriger Stufe stehenden Familien übrig. Auf diese habe ich nun mein Augenmerk gerichtet, indem ich den Faden der Untersuchungen wieder aufgenommen habe.

Die übrigen auf niedrigerer Stufe stehenden Familien der gymnocarpen Autobasidiomyceten (es wurden von Van Bambeke die Repräsentanten von den *Clavariei, Polyporei, Agaricini, Tulostomei, Sclerodermei, Lycoperdacei, Hymenogastri, Nidulariei, Sphaerobolei* und *Phalloidei* untersucht) habe ich nun zum Gegenstand meiner neueren Untersuchungen erkoren und bearbeitete die *Hydnei, Thelephorei* und *Tomentellei* auf Grund des Materials, das im Herbar der botanischen Abtheilung des Ungarischen Nationalen Museums aufbewahrt ist. Die anatomischen Untersuchungen müssen nach meiner Auffassung möglichst breit angelegt werden, sie müssen eben nach Möglichkeit auf alle Formen ausgedehnt werden; dieser Auffassung entsprechend untersuchte ich die verschiedensten, sowohl europäische als auch exotische Arten derselben Genera, und es zeigte sich, dass die nähere Untersuchung des Leitungssystems auch auf dem Gebiete der Systematik anwendbare Resultate abgeben kann, die wir in der Systematik verwerthen werden können. Auf diese Weise weiterarbeitend konnten manche interessante Resultate gewonnen werden, und es stellte sich heraus, dass zwischen den verschiedene Welttheile bewohnenden Repräsentanten einer und derselben Art anatomisch gar keine Unterschiede aufzufinden sind, denn sie entsprechen einander im inneren Baue vollkommen. Aus den oben erwähnten Familien untersuchte ich etliche 60 Arten, leider war das Material nicht immer zweckentsprechend, und so musste ich mich manchmal auch mit negativen Resultaten begnügen. Was die Präparationsmethode anbelangt, so habe ich auch jetzt mit bestem Erfolg Osmiumsäure angewendet, da die Elemente des Leitungssystems für gewöhnlich auch Fettstoffe führen, leistet Osmiumsäure zum Sichtbarmachen dieser Organe vorzügliche Dienste. In den sehr compacten Hyphengeweben kann man aber oft auch mit dieser Reagens nichts erreichen, ich wendete mich also in solchen Fällen an das Eau de Javelle und färbte dann die Leitungselemente mit Saffranin.

Die Elemente des Leitungssystems können auf Grund meiner

Untersuchungen in sechs Gruppen eingetheilt werden, diese Organe, die ich jetzt zum ersten Male nachgewiesen habe, bilden die folgenden sechs Gruppen:

I. Wellig gebogene, röhrige Behälter, deren zugespitztes Ende aus dem Hymenium hervorragt = *Hymenochaete*-Typus.

Hierher gehören die folgenden Arten:

1. *Corticium cinereum* Fries, var. *cervinus* Thüm., welche nach meinen Untersuchungen zur Hymenochaete zu ziehen ist, soll also in der Folge *Hymenochaete cinerea* (Fries) m. var. *cervina* (Thüm.) m. heissen.

2. *Hymenochaete tabacina* (Sow.) Lév. New-Yersey.

3. *Lyomyces serus* Karst. Finnland.

4. *Corticium murinum* Berk. et Br., nach Art der Hymenochaete ausgebildet und daher zu diesem Genus gehörig als *Hymenochaete murina* (Berk. et Br.) m. Victoria (Australia).

5. *Corticium rubiginosum* Fries. Dresden, schon in Saccardo's Sylloge Fungorum Vol. VI. p. 589 als *Hymenochaete rubiginosa* (Schr.) Lév. aufgenommen, mit der Bemerkung „hymenio ferrugineo, setulis longis gracilibus", wobei unter „setulis" natürlich die Elemente des Leitungssystems zu verstehen sind.

6. *Corticium cinereum* Fries. *f. lilacinum* Kickx = *Hymenochaete cinerea* (Fries.) m. *f. lilacina* (Kickx) m.

II. Röhrige Behälter im Innern des Fruchtkörpers.

Hierher gehören:

1. *Hypochnus laxus* oder *Hymenochaete laxa* Karst. Lebendes Material.

2. *Radulum orbiculare* Fries. Pyrenäen.

III. Röhrige Behälter, welche der Oberfläche parallel verlaufend in das Hymenium hinausbiegen, ihr Ende kaum oder gar nicht angeschwollen = *Stereum*-Typus.

Hierher gehören:

1. *Radulum molare* Fries. Frankreich.

2. *Stereum sanguinolentum* (Alb. et Schwein.) Fries, frisches Material. Deutschland.

Dasselbe Finnland.

„ Frankreich, Vogesen.

„ „ Seine et Marne.

3. *Stereum rugosum* Fr., frisches Material. Norwegen.
4. *St. fasciatum* Schwein., Süd-Amerika.
5. *St. lobatum* Kunze, Guadeloupe.
6. *St. hirsutum* (Willd.) Winter, Herkulesbad, Ungarn.
7. *St. amoenum* Kalchbr., Kap der guten Hoffnung.
8. *St. lobulatum* Fries, Guadeloupe.
9. *St. myrtilinum* Fries, Brasilien.
10. *St. versicolor* (Sw.) Fries, Melbourne, Australien.
11. *St. ochraceo-flavum* Schwein., Concordia, Missouri.
12. *St. abietinum* (Pers.) Fries, Finnland.
13. *St. acerinum* Fries, Frankreich.
14. *St. rigens* Karst., Finnland.
15. *St. Pini* Fries, Norwegen. Frisches Material.
16. *St. rufum* Fries, Norwegen. Frisches Material.

IV. Röhrige Behälter, welche vertical auf der Oberfläche stehen, oft in mehreren Zonen ausgebildet = *Thelephora*-Typus.

Hierher gehören:

1. *Thelephora Corylea* Pers., Reichenberg, Böhmen.
2. *Th. amoena* Fries, New-Field, New-Yersey.
3. *Th. frustulosa* Fries, New-Field, New-Yersey.
4. *Th. gigantea* Fries, Finnland.

V. Röhrige Behälter, deren Ende keulig aufgeschwollen ist und die in mehreren Schichten übereinander sitzen = *Corticium*-Typus.

Hierher gehören:

1. *Corticium cinereum* Pers. *f. lilacinum* Kickx, Toulouse, Frankreich.
2. *C. uvidum* Fries, frisches Material. Münster, Westf., Deutschland.
3. *C. variegatum* Roum., Luchon, Frankreich.
4. *C. radiosum* Fries, Finnland.
5. *C. calceum* Fries, var. *lacteum* Fries, Vercelli, Italien.

6. *Corticium Quintasianum* Roum., St. Thomé, Afrika.
7. *C. putaneum* Fries, frisches Material. Norwegen.
8. *C. seriale* Fries, frisches Material. Deutschland.
9. *Radulum laetum* Fries, frisches Material. Norwegen.
10. *Corticium livido-violaceum* (Somm.) Fries, frisches Material. Norwegen.

VI. Runde Behälter:

Hierher gehören:

1. *Hypochnus*-Arten.
2. *Stereum purpureum* Pers., St. Dié, Vosges; St. Thomé, Afrika.
3. *Grandinia crustosa* (Pers.) Fries, Reichenberg, Böhmen.

Nehmen wir jetzt die einzelnen Gruppen etwas eingehender durch.

I. Wellig gebogene, röhrige Behälter, deren zugespitztes Ende aus dem Hymenium hervorragt = Hymenochaete-Typus.

1. *Corticium cinereum* Fries, var. *cervinum* Thümen (Fig. 1, Taf. III), vom Kap der guten Hoffnung, kann den Typus der ersten Gruppe darstellen. Das Gewebe dieses Pilzes ist äusserst locker, der dünne, kaum 1 mm erreichende Fruchtkörper besteht aus verworrenen, 3 μ dicken Hyphen, von welchen sich die Elemente des Leitungssystems sehr stark abheben. Die letzteren bilden lange, 9—10 μ dicke Röhren mit umbrabraunem Inhalte, sie verlaufen längs des Pilzkörpers und dringen mit ihren angeschwollenen, lanzettförmig zugespitzten Enden in das Hymenium ein. Diese Endigungen erinnern uns lebhaft an die Cystiden der Agaricineen und wurden auch als systematisches Merkmal verwendet, und nachdem der Genuscharakter von Hymenochaete: „Hymenium setulis cuspidatis rigidiusculis, coloratis conspersum" (Saccardo, Sylloge VI, p. 588) ist, muss diese Art an der Hand der Elemente des Leitungssystems, die hier der Hymenochaete entsprechend ausgebildet sind, zu dem Genus Hymenochaete gezogen werden.

Corticium cinereum f. reflexum et *f. resupinatum* wurde in Saccardo's Sylloge zu *Hymenochaete Boltonii* (Sacc.) Cooke gezogen, nachdem jedoch im Sylloge der oben erwähnten Varietät und der Stammform keine Erwähnung gemacht wird, können diese als *Hymenochaete cinereum* bezeichnet werden.

Die spitzen Borsten, welche die Systematiker beschreiben, sind also thatsächlich nichts Anderes als die zugespitzten Enden der Secretbehälter. Das Ende von diesen Gebilden (Fig. 2, Taf. III) wird ganz eigenthümlich ausgebildet, in ganz jungem Zustande ist das Ende der Secretbehälter birnförmig eingeschnürt und abgerundet (Fig. 2*a*, Taf. III), später verdickt sich die Membran, das ganze Gebilde wird lanzettlich zugespitzt. Das Ende der Behälter ist 12—15 μ dick, und die Zellhaut ist an dem aus dem Hymenium herausstehenden Theile ziemlich stark verdickt, rauh und zerbrechlich in Folge der mineralischen Einlagerungen. Die Elemente des Leitungssystems führen einen fetten, umbrabraunen Inhalt und waren bei allen untersuchten Exemplaren vollständig gefüllt.

Hymenochaete tabacina (Sow.) Lév. stand mir in auf New-Yersey gesammelten Exemplaren zur Verfügung. Dieser Pilz (Fig. 3, Taf. III) wird von einer festen, braunen, basalen Gewebeschicht (*a*) gebildet, aus der zahlreiche Rhizoiden entspringen, durch welche sich der Fruchtkörper mit dem Substrate in Verbindung setzen kann; auf die basale Schicht folgt ein sehr loses, lockeres Gewebe, von ziemlich dünnen Hyphen gebildet, das Mittelgewebe (Fig. 3*b*, Taf. III), in dem die Secretbehälter verlaufen, diese sind auch hier dünne (4—5 μ dick), mit braunem Inhalte gefüllte, schlangenförmig gewundene Röhren, die, in das Hymenium eindringend, dort zu cystidenartigen Gebilden anschwellen. Das Mittelgewebe wird von dem Hymenium (*c*) überzogen, aus welchem die 8 μ dicken, braunen, zugespitzten, cystidenartigen Enden als starke, spitze Borsten weit hervorragen.

Lyomyces serus Karst. (Finnland). In dem Fruchtkörper, der aus sehr lockeren, auf das Hymenium mehr oder weniger vertical gerichteten Hyphen gebildet wird, sind die Behälter schwerer sichtbar zu machen, sie bilden aber ebenfalls dünne Röhren, deren zugespitzte Enden aus dem Hymenium hervorstehen.

Corticium murinum Berk. et Br. (Victoria, Australien) ist ganz nach der Art des *C. cinereum* gebildet, in dem lockeren Mittelgewebe finden wir die dünnen, röhrenförmigen Behälter unregelmässig vertheilt, sie verlaufen aber nicht der Oberfläche parallel, sondern richten sich direct vertical auf die Oberfläche und dringen mit ihren 10—13 μ dicken Enden in das Hymenium. Das Ende der Behälter ist hier nicht eingeschnürt (Fig. 4*a*, Taf. III), wie bei den früher beschriebenen Arten. In den Wachsthumszonen, d. i. in den Vegetationspunkten, treten die Elemente des Leitungssystems massenhaft auf und bilden dort garbenartig zusammenlaufende Gruppen, die immer die Mitte des Vegetationspunktes einnehmen (Fig. 4*b*, Taf. III).

Corticium rubiginosum (Dresden) wird von festerem Gewebe gebildet, die Elemente werden von 5 μ dünnen, braunen Inhalt führenden Schläuchen gebildet, deren Enden in ähnlicher Weise aus dem Hymenium hervorstehen, diese Art ist daher ebenfalls zum Genus Hymenochaete zu ziehen, und zwar als ***Hymenochaete rubiginosa.***

II. In die zweite Gruppe rechne ich jene Arten, deren Behälter in den inneren Geweben verlaufen = *Hypochnus*-Typus.

Hypochnus laxus oder *Hymenochaete laxa* Karst. (Fig. 5, Taf. III) wurde an frischem Materiale untersucht. Dieser Pilz besitzt grosse, Lactarius-ähnliche Behälter, die doch nur in den seltensten Fällen in das Hymenium eindringen, sie verlaufen bündelweise in dem Mittelgewebe. Dass sie echte Elemente des Leitungssystems bilden, erhellt schon aus der Thatsache, dass sie während der Sporenbildung ganz ausgeleert werden. (Aehnliche Behälter finden wir bei *Choeromyces albus.*)

Radulum orbiculare Fries (Pyrenäen) kann auch zu diesem Typus gerechnet werden, der Fruchtkörper wird von einem, viele polygonale Lufträume umschliessenden Hyphengewebe gebildet, dieses eigenthümliche Gewebe wird durch 2—4 compacte Gewebeplatten in mehrere parallele Etagen getheilt. Die Behälter verlaufen in diesen Scheidewände bildenden Gewebsplatten in der Längsrichtung des Pilzes mit der Oberfläche parallel und bilden dünne, mit gelbem Inhalte gefüllte, geschlängelte Röhren.

III. Die Behälter der dritten Gruppe bilden dünne Röhren, die niemals in das Hymenium eindringen, ihre Enden sind aber fast nie oder nur unbedeutend verdickt.

Am einfachsten finden wir diesen Typus bei *Radulum molare* Fries (Yaneyras, dép. Jsère) ausgebildet, die 3—4 dicken, wellig gebogenen Behälter sind auf die Basis senkrecht gerichtet (Fig. 6, Taf. III) und dringen direct in das Hymenium hinein. Der Fruchtkörper wird von dünnen Hyphen gebildet, die ebenfalls senkrecht auf der Basis stehen. Einzelne Partien des Fruchtkörpers werden häufig durch dünne, aus zusammengewachsenen Hyphen bestehenden Stereidplatten, die mit der Oberfläche parallel verlaufen, abgegrenzt. Im Innern des Fruchtkörpers finden wir ausserdem grössere Inseln aus sehr lockerem Gewebe, die auf eine gestörte Ausbildung des Fruchtkörpers hinweisen könnten. Die Behälter sind übrigens etwas schwer sichtbar zu machen.

Von dieser Art bildet zu dem echten *Stereum*-Typus, *Stereum sanguinolentum* (A. et S.) Fries den Uebergang. Die Stereen bestehen aus drei verschiedenen Gewebeschichten, dies sind: 1. die basale oder Rindenschicht, aus starken, meist braunen Zellen zusammengesetzt, mit dieser Schicht befestigt sich der Fruchtkörper an das Substrat, denn sie ist mit äusserst zahlreichen Rhizoiden versehen; 2. darauf folgt ein massenhaft ausgebildetes Gewebe, dessen Hyphen ganz dicht zusammengefügt sind und mit der Oberfläche des Fruchtkörpers parallel verlaufen, dieses Gewebe kann als Markschicht unterschieden werden, hier verlaufen nun die Elemente des Leitungssystems; 3. die hymeniale Schicht. Betrachten wir nun die untersuchten Arten speciell:

Stereum sanguinolentum (A. et S.) Fries wurde an frischem Materiale untersucht. Die Elemente des Leitungssystems führen bei diesem Pilze eine blutrothe Flüssigkeit und werden durch Eau de Javelle ganz abgefärbt, so dass sie auch mit Osmiumsäure nicht braun tingirt werden. In 30procentigem Kalihydrat nehmen sie binnen drei Tagen eine schöne braune Farbe an, indem ihre Membrane ein wenig aufquellen. Die Behälter sind in der basalen Schicht kaum vertreten, ebenso in den unteren Partien des Mittelgewebes, dagegen sind sie in den oberen, gegen das Hymenium gewendeten Partien ausserordentlich zahlreich

vertreten (Fig. 7, Taf. IV) und dringen von hier aus in das Hymenium hinein. Die Vertheilung der Leitungselemente wird am besten durch das Bild eines der Länge nach halbirten Fruchtkörpers veranschaulicht (Fig. 9, Taf. IV), hier sehen wir die dünnen, röhrigen Leitungselemente, wie sie, Anfangs parallel mit der Oberfläche verlaufend, bald mit korkzieherartigen Windungen sich in das Hymenium hinein bohren. An der Peripherie des Fruchtkörpers finden sich die Leitungselemente am zahlreichsten, eine massenhafte Ausbildung erreichen sie auch in den Vegetationspunkten, z. B. in der erwähnten Figur an den mit *a*, *b* bezeichneten Stellen, hier verlaufen sie in Bündeln und treten oft viel zahlreicher auf als die übrigen Gewebehyphen. An denjenigen Stellen also, wo der Pilz im lebhaftesten Wachsthum ist, wo also der Verbrauch an Bildungsstoffen der grösste ist, dort sind auch die Leitungselemente am zahlreichsten vertreten. Die Leitungselemente verzweigen sich nur sehr spärlich und auch dann meistens nur im Hymenium, ihre Dicke ist eine sehr wechselnde, ihre Wände sind eben nicht immer parallel, und so entstehen Unregelmässigkeiten, Unebenheiten in der Ausbildung der Schläuche (Fig. 10, Taf. IV). Am stärksten treffen wir sie im Hymenium und in den Vegetationspunkten ausgebildet, an beiden Stellen sind ihre Enden etwas keulenförmig verdickt (Fig. 7, Taf. IV). Eine Verbindung zwischen den Leitungselementen und Gewebshyphen konnte bei dieser Art auf dem Wege der Präparation nicht nachgewiesen werden.

Die Leitungselemente von *Stereum rugosum* Fries sind sehr ähnlich geformt, sie zeigen aber eine ganz abweichende Vertheilung, da sie in mehreren Etagen ausgebildet werden. Die blutrothen Leitungselemente werden von Eau de Javelle ebenfalls entfärbt, behalten aber ihre Farbe in Kalilauge. *Stereum rugosum* zeigt, wie eben erwähnt, eine abweichende Vertheilung, der Pilz ist übrigens schon habituell anders ausgebildet als die vorige Art. Er ist mehr holzartig, ferner perennirend und der Form nach beinahe ganz resupinirt. Wie *Stereum sanguinolentum*, so besitzt auch er eine ziemlich dicke, dunkelbraune Rindenschicht und eine Mittelschicht aus parallel verlaufenden Hyphen; dagegen bildet er mehrere Basidienschichten und zwischen diesen und

dem Mittelgewebe noch ein loses, aus locker verflochtenen, gekräuselten Hyphen bestehendes Gewebe, dies ist der Hauptsitz der Leitungselemente, von hier senden sie dann ihre Aeste in die Basidienschichten, und da die Basidienschichten etagenartig übereinander ausgebildet sind, so entstehen ebenso viele Etagen aus den Leitungselementen, in die jüngste Basidienschicht dringen nur wenige hinein und auch dann sehr selten bis zur Oberfläche. Im Mittelgewebe zeigen die Leitungselemente einen ungefähren Verlauf wie bei *S. sanguinolentum*. Die Leitungselemente sind in der Regel unverzweigt und werden ihre Enden immer etwas keulenförmig verdickt, ihre Entwickelung und Anlage konnten sehr gut beobachtet werden, sie entstehen in den sehr jungen Fruchtkörpern an den gewöhnlichen Gewebshyphen als Verzweigungen (Fig. 11, Taf. IV) und bald nach ihrer Anlage verlaufen sie in den verschiedensten korkzieherartigen Windungen.

Stereum fasciatum Schwein. (Süd-Amerika) kann als der Typus der Stereen betrachtet werden. Dieser Fruchtkörper legt sich mit einer sehr starken, hornartigen, festen, basalen Schicht (Fig. 12*a* u. 13, Taf. IV) dem Substrat an und entwickelt unterhalb zahlreiche Rhizoiden. Die eigentliche Masse des Fruchtkörpers wird von der sehr stark ausgebildeten Mittelschicht oder dem Markgewebe (*b*) gebildet, dies ist ungefähr 5—6 mal dicker als die basale oder Rindenschicht und wird aus sehr dünnen, gelben, in der Richtung des Wachsthums verlaufenden, mit der Oberfläche parallelen, dicht stehenden Hyphen gebildet. In diesem Markgewebe finden sich sehr häufig vereinzelte, unregelmässige, von losen, scheinparenchymartigen Geweben gefüllte Inseln, diese Inseln werden immer von dicken, braunwandigen Hyphen umgeben und verschlossen (Fig. 12, 13*cc*, Taf. IV). Unterhalb der fructificirenden Hymeniumschicht ist gewöhnlich noch eine schon sterile Basidienschicht sichtbar (*d*, *e*). Im Mittelgewebe nehmen die Leitungselemente ihren Ursprung, und dringen die 5 μ dicken, gleichförmig ausgebildeten, gelben Inhalt führenden Schläuche nach kurzem Laufe mit einem grossen Bogen in das Hymenium hinaus. Die Leitungselemente sind im Allgemeinen bei den Stereen und besonders bei den sehr compact ausgebildeten Arten schwer zu sehen, und es bedarf eben

sehr eingehender Beobachtung und Präparationsmethoden, um sie sichtbar zu machen.

Stereum lobatum Kunze (Guadeloupe) (Fig. 14, Taf. IV) ist sehr ähnlich gebaut, nur erreicht hier das Mittelgewebe eine noch grössere Mächtigkeit als bei der vorhergehenden Art, es wird von dickwandigen, farblosen Hyphen gebildet, die compact zusammengepresst verlaufen, die obere Partie des Mittelgewebes ist im reichlichsten Maasse von Leitungselementen besetzt, die hier eine dichte Schicht bilden. Die Elemente bilden längere Schläuche von 7—8 μ Durchmesser, ihre Enden, sobald sie in das Hymenium einbiegen, verdicken sich um das Doppelte. Die hymeniale Schicht ist sehr hoch ausgebildet, am unteren Rande finden sich mit ziemlicher Regelmässigkeit Lufträume ausgebildet, die oft mit Krystallen eingesprengt sind. Krystalle sind übrigens auch in der Basidienschicht zu finden und werden von tetragonalen Pyramiden des Kalkoxalats gebildet.

Stereum hirsutum (Willd.) Winter (Herkulesbad, Ungarn und frisches Material, Münster i./W.). Diese Art ist von sehr einfachem Baue, indem die verschiedenen Schichten ineinander übergehen, die basale Schicht (Fig. 15, Taf. IV) ist eben kaum noch zu erkennen, sie ist nicht so prägnant ausgebildet wie sonst bei den meisten Arten, das Mittelgewebe wird von dünnwandigen, 3—5 μ dicken Hyphen gebildet, in den oberen Partien verlaufen die 5—6 μ dicken Leitungselemente, die fast vertical in das Hymenium hineindringen. Sie endigen unterhalb der Oberfläche des Hymeniums und nur einige erheben sich über die Hymenialfläche.

Stereum amoenum Kalchbr. (Kap der guten Hoffnung). Typisch gebaut, Rhizoidenschicht ausserordentlich stark entwickelt. Die Leitungselemente bilden sehr dünne Röhren.

Stereum myrtilinum Fries (Brasilien). Regelmässig gebaut, die Leitungselemente 5 μ dick, im Hymenium grosse Krystalle von oxalsaurem Kalke.

Stereum versicolor (Sw.) Fries (Melbourne, Australien). Ganz dem Typus entsprechend, der Fruchtkörper ist ziemlich knorpelig, Leitungselemente 5—6 μ stark.

Stereum abietinum (Pers.) Fries (Mustiala, Finnland). Das Leitungssystem ist bei dieser Art ausserordentlich schön ausgebildet, die Leitungselemente fallen sogleich durch ihre Stärke auf. Der Fruchtkörper wird von dünnen, gelbbraunen Hyphen zusammengesetzt, welche eine homogene basale Schicht bilden, aus dieser Schicht biegen sich dann viele nach oben und bilden das Markgewebe. Die Leitungselemente treten schon in der basalen Schicht auf, viele der Gewebshyphen werden nämlich zu Leitungselementen umgebildet, sie verdicken sich, werden mit einem braunen Inhalte gefüllt. Die Leitungselemente bilden hier zwei Etagen (Fig. 16, Taf. V), ihre durchschnittliche Dicke ist 12 μ, am oberen Ende erweitern sie sich keulenförmig, bleiben aber gewöhnlich im Hymenium, nur manche erheben sich mit ihrem abgerundeten oder erweiterten Kopfe über die Hymenialfläche (Fig. 17, Taf. V).

Stereum rigens Karst. (Mustiala, Finnland) zeigt eine ähnliche Ausbildung der Leitungselemente, dies erinnert uns an den *Thelephora*-Typus, während *Stereum abietinum* mit den Corticien Aehnlichkeit aufweisen kann.

Stereum ochraceo-flavum Schwein. (Concordia, Missouri), *S. acerinum* Fries (Frankreich), *S. Pini* Fries, *S. rufum* Fries sind mehr oder weniger typisch gebaut, und zeigen auch die Leitungselemente keine abweichende Ausbildung.

IV. Typus der Thelephoren.

Thelephora Corylea Pers. (Reichenberg, Böhmen) kann als ein wirklich typisch gebauter Repräsentant dieser Gruppe vorgeführt werden. Der Fruchtkörper wird von vier verschiedenen Geweben gebildet. Zuerst treffen wir (Fig. 19*a*, Taf. V) die basale, rothe Stereïdenschicht, die aus sehr dicht zusammengeflochtenen, gelben Hyphen besteht und aus welcher äusserst zahlreiche Rhizoiden in das Substrat eindringen; darauf kommt ein loses Gewebe (*b*), das 4—5mal stärker entwickelt ist, aus dünnen, mit der Oberfläche parallel verlaufenden Hyphen, über diesem erhebt sich die Leitungselemente führende Schicht (*c*). Die Leitungselemente nehmen ihren Ursprung aus dem basalen Theile des mit *c* bezeichneten Gewebes, und sind als wellig ge-

bogene, mit braunem Inhalte gefüllte, auf die Oberfläche senkrecht gerichtete Gebilde auch ohne Präparation sehr gut sichtbar. Die Leitungselemente wachsen mit dem Pilze weiter, und werden mit der Zeit mehrere übereinander stehende Etagen ausgebildet; in älteren Pilzen finden wir daher 2—3 Etagen. Interessant ist die Anlage der Leitungselemente, sie entstehen gruppenweise und sprossen massenhaft aus einem Punkte hervor. In dem Gewebe um die Leitungselemente finden wir viele Krystalle von der üblichen Form zerstreut.

Thelephora amoena (New-Field, New-Yersey) (Fig. 20, 21, Taf. V), ferner *Thelephora frustulosa* (*Stereum frustulosum* Fries) (New-Yersey) sind ganz dem eben geschilderten Typus entsprechend gebaut, und werden bei diesen Arten die 5 μ dicken Leitungselemente sogar in 8—10 Etagen ausgebildet.

Thelephora gigantea (*Corticium giganteum* Fries) (Mustiala, Finnland) ist sehr eigenthümlich gebaut und weicht von den untersuchten Thelephoren vollkommen ab, ihr Platz ist besser bei den Corticien zu suchen. Die basale Schicht dieses Pilzes besteht aus einem ausserordentlich lockeren, von sehr starken Hyphen gebildeten Gewebe (Fig. 23, Taf. V), womit sich der Pilz dem Substrate anschmiegt, über diesem Gewebe ist ein compactes, von sehr dünnen Hyphen zusammengesetztes Hyphengeflecht zu sehen, in dem die Leitungselemente unregelmässig verlaufen, sie dringen auch in das Hymenium ein, hier treffen wir ausser diesen Gebilden auch grosse, mit mineralischen Concretionen überzogene, mächtige, zugespitzte, dickwandige Cystiden, die einen farblosen Inhalt führen (Fig. 22, Taf. V).

V. Typus der Corticien.

Diese Gruppe wird durch *Corticium cinereum f. lilacinum* mit der IV. Gruppe verbunden, denn die Leitungselemente dieser Form sind ebenfalls etwas keulig angeschwollen und treten gewöhnlich in mehreren Schichten auf (Fig. 24, Taf. V). Der Fruchtkörper schmiegt sich dem Substrate mit langen, dichten, verflochtenen Hyphenbündeln an, die nach oben hin immer compacter werden und dichter zusammentretend das Markgewebe, die eigentliche Hauptmasse des Fruchtkörpers, bilden. In diesem

Gewebe treten (*b*) die Leitungselemente als senkrecht gegen die Oberfläche gerichtete, dicht zusammengedrängte röhrige Schläuche auf, deren oberes Ende immer um etwas angeschwollen ist. Oberhalb dieser Etage lassen die senkrecht auf die Oberfläche hinauswachsenden Hyphen grosse, ovale Lufträume frei (*c*), darauf folgt nun das Hymenium. In der hymenialen Schicht treten wiederum viele Leitungselemente auf, die sich zwischen die Basidien hineinbohren. Diese werden von den unteren Leitungselementen hierher gesendet und erreichen eine Dicke von 7—8 μ.

Corticium uvidum zeigt eine sehr einfache Structur, wir haben diese Art an frischen Exemplaren schon in Münster i./W. untersucht, hier wachsen die gabelig verzweigten Leitungselemente direct aus der basalen Schicht hervor, womit sich der Pilz an der Rinde des als Substrat dienenden Baumes befestigt hat. Die Leitungselemente (Fig. 25, Taf. V) bilden mächtige, 7—8 μ starke Röhren, deren oberes Ende um etwas angeschwollen ist.

Corticium variegatum Roum. (Luchon, Haûte Garonne) ist schon etwas complicirter im Bau. Die starke, basale Rindenschicht wird bei dieser Art von dünnen, gelben, fest verwachsenen Hyphen gebildet, die Markschicht ist sehr lose und wird von den Elementen des Leitungssystems durchwachsen. Die Leitungselemente treten in Form von 7—8 μ starken Schläuchen auf und bohren sich mit ihren keulenförmig aufgeschwollenen Enden in das Hymenium ein (Fig. 18, Taf. V).

Corticium radiosum Fries (Mustiala, Finnland), *C. calceum* Fries, var. *lacteum* Fries (Vercelli, Italien), *C. Quintasianum* Roum. (St. Thomé, Afrika) zeigen nur Spuren von den Leitungselementen, da die Structur der Fruchtkörper sehr verändert war.

Dagegen konnte ich bei *Corticium putaneum*, von dem mir frisches Material zur Verfügung stand, mächtige, gabelig verzweigte und stark kolbenförmig aufgeschwollene Leitungselemente nachweisen.

Corticium seriale habe ich ebenfalls in frischem Zustande untersuchen können. Aus dem lebenden Fruchtkörper lässt sich eine fette, gelblichweisse Flüssigkeit auspressen, dieser Umstand weist schon genügend auf das Vorkommen der fraglichen Gebilde,

und in der That fanden wir hier besonders schön und reichlich entwickelte Leitungselemente. Der mehrschichtige, weiche Fruchtkörper wird von sehr dünnen Hyphen gebildet. Die Leitungselemente entstehen in den oberen Partien der basalen Schicht und stehen zu der Oberfläche des Fruchtkörpers vertical (Fig. 26, Taf. VI). Die Leitungselemente entsprossen gruppenweise zu 4—6 etc. von den Mutterhyphen und bilden lange, aufrecht stehende, unten kolbenförmig aufgeschwollene, dicke Schläuche, deren lang ausgezogener Hals in das Hymenium hineinwächst. Der Halstheil ist zur Zeit der Sporenreife eiförmig angeschwollen und erhebt sich um etwas über das Hymenium. In den älteren Fruchtkörpern finden sich auch in den tieferen Schichten Leitungselemente und zwar gruppenweise ausgebildet, sie wurden eben von den neuen Geweben durchwachsen und bleiben als grösstentheils entleerte Schläuche zurück. Diese Leitungselemente zeigen keine Verzweigungen, die jüngeren Elemente nehmen ihren Ursprung immer von den Gewebehyphen. Der Hauptbestandtheil ihres Inhaltes wird immer von Fettstoffen gebildet, sie werden daher von Osmiumsäure ganz schwarz. Die Leitungselemente treten dort am massenhaftesten auf, wo der Pilz das lebhafteste Wachsthum entfaltet, eine solche Stelle wird durch die Fig. 28, Taf. VI vorgeführt, es ist dies eine Ecke des Fruchtkörpers mit der Vegetationszone. Die Entstehung der Leitungselemente haben wir mit Herrn Dr. Olav Johan-Olsen beobachtet, sie treten als Seitenzweige in den verschiedensten Formen (Fig. 27, Taf. VI) an den gewöhnlichen Hyphen auf und nur später erreichen sie ihre typische Ausbildung.

Radulum laetum kann auch zu dieser Gruppe gerechnet werden. Der Fruchtkörper wird von zwei Gewebearten gebildet, die eine Art besteht aus unregelmässigen, dickeren, zusammengeknäuelten Hyphen, die nur sehr wenig Fettstoffe führen, das andere Gewebe wird von dünneren Hyphen zusammengesetzt, die keine seitlichen Ausstülpungen zeigen, wie die des anderen Gewebes, sie sind mit sehr zahlreichen Schnallenzellen versehen. Dieses Gewebe wird durch sehr reichen Fettgehalt charakterisirt. Die schönste Ausbildung erreicht dieses Gewebe in den Stacheln, die in dem Innern des Fruchtkörpers angelegt werden und er-

heben sich nur später auf die Oberfläche. Aus den Hyphen dieses Gewebes entstehen dann die Leitungselemente (Fig. 29, Taf. VI) als birnförmig, eiförmig oder kolbenförmig geformte Gebilde (Fig. 30, Taf. VI). Die Leitungselemente sind alle gegen das Hymenium gerichtet und dringt auch ein grosser Theil in die Basidienschicht ein, aber nur wenige erheben sich über die Oberfläche des Hymeniums. Die Leitungselemente werden, mit Chloroform behandelt, ganz durchsichtig, da ihr Fettgehalt vollkommen aufgelöst wird. Die hier geschilderten Leitungselemente stehen mit der Sporenbildung im engsten Zusammenhang, da ihr Inhalt während der Sporenbildung verbraucht wird, sie entleeren sich bis zu der Sporenreife gänzlich (Olsen). Sie sind übrigens sehr zart gebaut, und um sie nachzuweisen, muss das frische Material sofort in absoluten Alkohol oder Osmiumsäure gelegt werden, sonst kann man es nicht untersuchen. Die Vertheilung der Leitungselemente steht auch hier in einer gewissen Beziehung zu dem Wachsthum des Fruchtkörpers, und sehen wir solche immer an den Vegetationspunkten und Zonen am massenhaftesten ausgebildet (Fig. 31*a*, Taf. VI).

Dieser Typus erreicht die höchste Ausbildung bei *Corticium violaceo-lividum* (Somm.) Fries. Der Fruchtkörper dieses an *Radulum laetum* sehr erinnernden Pilzes wird durch ein sehr eng verflochtenes Hyphengewebe ausgefüllt, welches sich stellenweise, so wie bei den Stereen, sklerotisirt. Die Leitungselemente sind röhrenartig ausgebildet, an ihrem oberen Ende werden sie aber — sehr oft ohne einen Uebergang — plötzlich blasen- oder kolbenförmig erweitert, sie führen immer einen netzförmigen Plasmabeleg und 2—4 Zellkerne (Fig. 32, Taf. VI). Die Leitungselemente verzweigen sich sehr selten und auch Verbindungen mit den Gewebehyphen sind nur sehr selten zu beobachten (Fig. 36, Taf. VI). Ihre Vertheilung steht mit dem Wachsthum des Pilzes im Zusammenhange, dementsprechend sind sie in mehreren Etagen ausgebildet, von denen die unteren gewöhnlich ganz leer stehen, da sie nämlich den zuerst gebildeten Hymenien dienten, später, als sich das neue Hymenium ausbildet, entstehen auch neue Leitungselemente (Fig. 34, Taf. VI). Der Vegetationspunkt ist immer mit besonders vielen Leitungs-

elementen bedacht; z. B. diene hier ein das Spitzenwachsthum dominirender Vegetationspunkt eines Fruchtkörpers (Fig. 35, Taf. VI), wo die Leitungselemente eng zusammengedrängt fast den ganzen Fruchtkörper ausfüllen. Die formelle Ausbildung dieser Leitungselemente ist eine sehr verschiedene (Fig. 36, Taf. VI), und werden sie schon in ihrer frühesten Ausbildung in sehr abweichenden Formen angelegt. In Objectträgerkulturen konnte die Entstehung der Leitungselemente von Herrn O. Johan-Olsen genau verfolgt werden (Fig. 33, Taf. VI). Sie weichen vollkommen von den im Fruchtkörper ausgebildeten Elementen ab, sind nicht kolbenförmig, sondern erscheinen in den verschiedensten Formen, sie sind bald kugelig, bald lang ausgezogen, schlauchförmig, streitkolbenartig, bald mit mehreren Ausstülpungen versehen und mit kurzen Verzweigungen verziert etc. Ebenso variiren sie auch in der Grösse, die Leitungselemente werden in den Kulturen sehr früh angelegt, wie übrigens auch die Basidien, die bald in Sporenbildung übergehen, später entsteht ein wirklicher Fruchtkörper aus der Kultur. Der auf dem Wege der Kultur erhaltene Fruchtkörper sieht äusserlich dem in der Natur gewachsenen ganz ähnlich, innerlich lassen sich aber doch manche Abweichungen nachweisen. Das Hymenium entspricht noch so ziemlich dem im Freien gebildeten, nur sind in ihm die Leitungselemente weniger reichlich vertreten.

Phlebia merismoides hat nach der Mittheilung von Olav Johan-Olsen wunderschöne Leitungselemente, diese sind keulenförmig und treten in dichten Reihen auf, in dem von mir untersuchten Herbarmateriale liessen sich diese Gebilde nicht nachweisen. *Phlebia merismoides* besitzt im Hymenium zahlreiche stachelige Cystiden, und unterhalb des Hymeniums treten dann die Leitungselemente, für gewöhnlich in zwei parallelen Reihen, auf, besonders schön ist die Vertheilung in den Stacheln (Olsen).

VI. Gruppe. Ich stelle hierher die runden Leitungselemente, die als eine abgekürzte Form der vorher beschriebenen betrachtet werden kann. Diese Bildungen treffen wir bei *Hypochnus*-Arten, bei *Stereum purpureum* und bei *Grandinia crustosa*.

Von *Stereum purpureum* Pers. stand mir ein sehr interessantes Material zur Verfügung. Das von zwei Standorten herrührende Material stammte von St. Dié (Vosges) und von der Insel St. Thomé (Guinea); die von so entfernten Standorten herrührenden Exemplare waren aber ganz ähnlich im inneren Baue. *Stereum purpureum* bildet eine sehr gut ausgebildete dunkelbraune, basale Schicht aus stark zusammengewachsenen Hyphen, aus dieser Rindenschicht entlässt der Pilz überaus zahlreiche Rhizoiden, die, in das Substrat dringend, den Pilz zu gleicher Zeit auch an das Substrat fixiren (Fig. 37*a*, Taf. VI). Auf die Rindenschicht folgt ein farbloses, dickes, compactes Hyphengewebe, dessen Hyphen mit der Oberfläche parallel verlaufen (*b*); der obere Theil des Fruchtkörpers wird von einem sehr lose geflochtenen Hyphengewebe (*c*) eingenommen, der zu gleicher Zeit der Sitz des Leitungssystems ist. Die Leitungselemente bilden hier runde, mit einem langen Stiel versehene Zellen (Fig. 38, Taf. VI), die, in sehr grosser Anzahl auftretend, die obere Hälfte des Fruchtkörpers oft ganz ausfüllen. Diese im Durchschnitt 25 μ starken, runden Leitungselemente dringen nie in das Hymenium, sie entstehen durch die Erweiterung der Hyphenenden oder Verzweigungen und führen einen dunkelbraunen Inhalt, ihre Membran bleibt immer ziemlich dünn. Die von so verschiedenen Standorten herrühenden Fruchtkörper waren vollkommen übereinstimmend und die Leitungselemente in dem eben sporenreif stehenden Fruchtkörper strotzend vollgepfropft (Fig. 39, Taf. VI).

Bei den *Hypochnus*-Arten kommen ebenfalls runde Gebilde vor, die einen fettreichen Inhalt führen. Diese Elemente entstehen durch die Anschwellung der Hyphenglieder, sie besitzen immer einen grossen, runden Zellkern[1]).

Grandinia crustosa (Pers.) Fries (Reichenberg, Böhmen) verfügt ebenfalls über runde Leitungselemente. *Grandinia crustosa* zeigt einen eigenthümlich complicirten Bau. Der in die Rinde des Wirthes stark hineingewachsene Fruchtkörper wird von zwei Hauptgeweben aufgebaut, die abwechselnd zonenweise ausgebildet sind.

1) Gy. v. Istvánffi, Ueber die Rolle der Zellkerne bei der Entwickelung der Pilze. Ber. d. deutsch. botan. Gesellsch., XIII, 1895, Taf. XXXVII, Fig. 53.

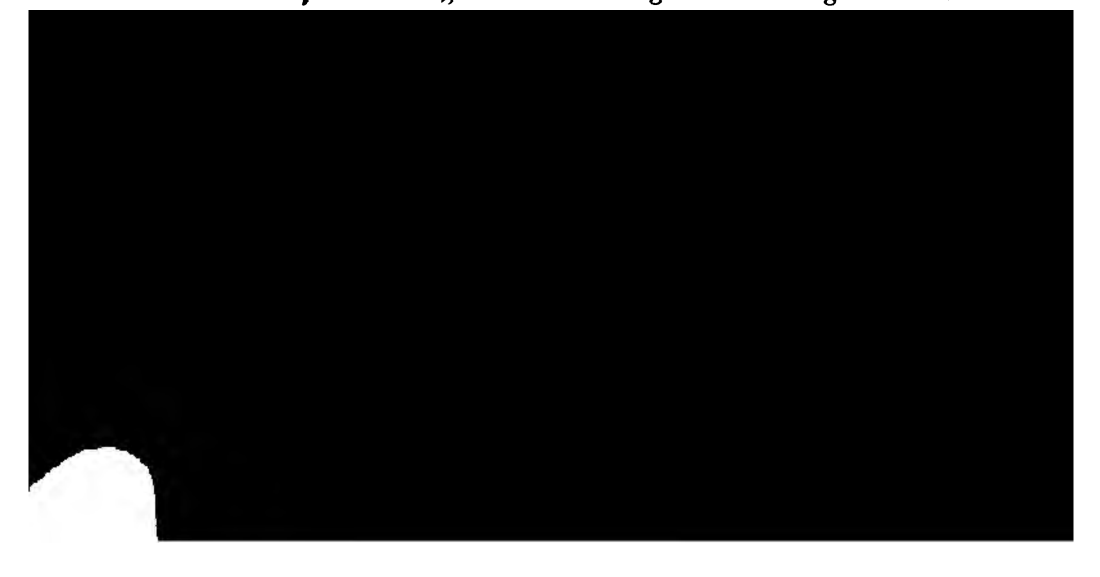
Den innersten von diesen Geweben ist immer ein viel Luft führendes Hyphengeflecht, die nach unten liegende Schicht dieser Geweben aber ist mehr oder weniger völlig geschlossen (Fig. 40, Taf. VI), in den vierten Etagen werden die dadurch entstandenen Unebenheiten zu zahnartig hervorragenden Erhöhungen, zwischen diesen zuführenden Gewebeschichten liegt immer ein loses Füllgewebe, dessen Hyphen auf die Oberfläche so ziemlich vertical gerichtet sind. In diesem Gewebe treffen wir nun die runden Leitungselemente zerstreut, sie entstehen ganz ähnlich wie bei *Stereum purpureum* und bilden ganz runde, 15—24 μ starke, mit hellbraunem Inhalte gefüllte Zellen, die aber hier in viel geringerer Anzahl vertreten sind, als z. B. bei *Stereum purpureum*. Die Leitungselemente dringen auch bei *Grandinia* nicht in das Hymenium ein.

Die Hauptergebnisse der über das Leitungssystem der *Hydnei*, *Thelephorei* und *Tomentellei* ausgeführten Untersuchungen lassen sich in den folgenden Sätzen zusammenfassen:

1. Durch diese Untersuchungen habe ich in dem Fruchtkörper der *Hydnei*, *Thelephorei* und *Tomentellei* gut ausgebildete typische Formelemente nachgewiesen, die als Elemente des Leitungssystems zu betrachten sind. Bisher waren diese Organe gänzlich unbekannt.

2. Die Leitungselemente wurden bei allen zu einem Genus gehörigen Arten gefunden, und zwar ohne Unterschied des Standortes, sowohl bei europäischen wie auch bei exotischen Exemplaren.

3. Die Leitungselemente stehen zu dem Wachsthum und zur Sporenbildung der Pilze in engster Beziehung. Zur Zeit der



Cystiden angesprochen werden *(Hymenochaete)* und dienen gleichzeitig als Schutzvorrichtungen für das sporenreifende Hymenium.

5. Die Leitungsorgane sind immer mit einem wandständigen Protoplasmaschlauch und ein bis mehreren Zellkernen versehen, die unregelmässig zerstreut sind.

6. Die Leitungsorgane entstehen in dem jungen Fruchtkörper als seitliche Verzweigungen der Gewebehyphen.

7. Die Leitungsorgane entstehen auch in den Objectträgerkulturen, in den jungen, aus Sporen gezogenen Fruchtkörperanlagen.

8. Die Leitungsorgane sind für gewöhnlich mit den benachbarten Gewebehyphen durch Seitenzweige verbunden, was nur auf einen regen Stoffaustausch bezogen werden kann.

9. Die Leitungsorgane können hauptsächlich als Leiter der Fett- und Eiweissstoffe betrachtet werden, in vielen Fällen können sie aber nebenbei auch Farbstoffe, Säuren, z. B. Thelephora-Säure etc., führen; ausser plastischen Stoffen finden wir daher auch Nebenproducte des Stoffwechsels in diesen Leitungsbahnen.

Nach diesen weitläufigeren Darlegungen kehre ich nun zu der Betrachtung der übrigen Systeme zurück, und will — der Reihe nach — zuerst das dritte Glied des Systems der Ernährung, nämlich das Speichersystem hier näher beleuchten.

3. Das Speichersystem dient auch bei den Pilzen zur Einsammlung und Conservirung der Reservenährstoffe, und ist die Uebereinstimmung mit den betreffenden Einrichtungen der höheren Pflanzen um so auffallender, da dieses System die aufgespeicherten Nährstoffe in einer neuen Form erscheinen lässt, sobald dies Wachsthumserscheinungen oder die weitere Entwickelung des Pilzes nothwendig machen, das Speichersystem kann nämlich aus den aufgesammelten Nährstoffen auf dem Wege der Keimung neue Fruchtkörper bilden und muss ihm schon deshalb eine grössere Bedeutung beigemessen werden.

Das Speichersystem wird im Reiche der Pilze hauptsächlich durch die Sklerotien vertreten. Die Sklerotien sind eben ganz eigenthümlich ausgebildete Organe, die unter ihrer starken, meist dunkel gefärbten Rinde ein mächtiges Markgewebe beherbergen,

das zum Aufspeichern der verschiedensten Reservestoffe dient. Als Reservestoffe dienen die verschiedensten Fettstoffe, Protoplasma, Glycogen und bei den knorpeligen Sklerotien Zellstoff u. s. w.

Das Speichersystem wird gewöhnlich in Form von kurzen, bündelförmigen Seitenästen angelegt, die an verschiedenen Stellen des absorbirenden Systems auftreten können, in manchen Fällen wird aber das ganze absorbirende System umgewandelt, z. B. bei *Claviceps*, wo das absorbirende System sich verdichtet und, reichlich Reservestoffe aufspeichernd, zu Sklerotien sich umwandelt.

4. Das Durchlüftungssystem.

Dieses System erreicht nur in den höchst entwickelten Pilzen eine Bedeutung, und sind es besonders die Agaricini, bei denen von einem Durchlüftungssystem die Rede sein kann. Bei den auf niedrigerer Stufe stehenden Pilzen treffen wir auch ziemlich häufig Lufträume im Fruchtkörper, für *Stereen*, *Grandinia* etc. habe ich in dieser Arbeit schon auf die Lufträume hingewiesen.

Bei den Agaricineen finden wir das Durchlüftungssystem im Stiele des Fruchtkörpers am schönsten entwickelt. Die Lufträume vergrössern sich von der Peripherie gegen den Mittelpunkt des Stieles, und sie entstehen durch das Auseinanderweichen des Hyphengewebes, dass sich in Folge des lebhaften Wachsthums auf eine sehr frühe Stufe der Entwickelung einzustellen pflegt. Die Lufträume bilden sich also in einem dichten Hyphengewebe, aus welchem zahlreiche Fäden auch in die Lufträume eindringen und, diese durchquerend, die Festigkeit der Räume wesentlich erhöhen. Bei den Lactarien treffen wir elliptisch ausgezogene Lufträume, die, gegen die Mitte hin immer grösser werdend, zu immer grösseren Räumen zusammenschmelzen.

Im Hute sind die Lufträume für gewöhnlich ebenso ausgebildet wie im Stiele und wiederholen sich dort die nämlichen Verhältnisse, die im Stiele vorherrschen. Wo der Stiel hohl ausgebildet ist, finden wir auch im Hute centrale Lufträume oder wenigstens ist diese Partie von einem sehr lockeren Gewebe ausgefüllt.

Bei den Lactarien sind auch im Hute grosse Lufträume, die für die Durchlüftung des Hutes ein grosses Stück beitragen

können, sie folgen immer den Rosetten, sind also immer strahlig angelegt (Fig. 4, Taf. VII, *Lactarius deliciosus*).

Der Stiel der *Phallus*-Arten zeigt die prachtvollsten Lufträume, und interessant ist es zu wissen, dass eben diese Gebilde hier auch zu anderen Zwecken dienen und mit der Entwickelung der Frucht in engstem Zusammenhange stehen.

Von *Mycena galopus* sind auch die schönen Lufträume bekannt. Der Stiel bildet einen wirklichen Hohlcylinder, dessen mechanische Ausbildung ich schon beschrieben habe, dieses grosse Luftreservoir geht aber nicht in den Hut über. Der Hut besitzt im Gegentheil ein ganz besonderes Durchlüftungssystem. Die Lufträume stehen radiär und sind deren 10—12, dem inneren Baue des Hutes entsprechend, ausgebildet.

5. Excrete und Secrete bildendes oder aufspeicherndes System.

Ein Theil der von uns früher beschriebenen Gebilde kann in dieses System eingereiht werden, z. B. die harzartige Stoffe ausscheidenden Gebilde, von denen wir drei Gruppen unterschieden haben; ferner die Farbstoffe führenden Behälter, die wahrscheinlich die Aufspeicherer der eventuell vorhandenen Giftstoffe sind, ein Theil der Cystiden, besonders derjenige mit krystallinischen Einlagerungen, kann ebenfalls in dieses System eingereiht werden. Als hierher gehörig kann ich noch die secernirenden Drüsenhaare namhaft machen, die wir auf dem absorbirenden System der *Schizophyllum*-Arten ausgebildet finden.

Verzeichniss der untersuchten Arten:

1. de Thümen: Fungorum Exoticorum Decades.
   2. *Xerocarpus cinereus* Karst. (Corticium cinereum Fr.) nov. var. *cervinus* Thüm.
   Promont. Bonae Spei, Somerset-East, ad arborum variorum ramulos emortuos., 1877, leg. Prof. P. Mac Owan.
2. de Thümen: Mycotheca universalis.
   211 b. *Hymenochaete tabacina* Lév.

America Septentr. New-Field. New-Yersey, in ramis emortuis arborum fruticumque frondosorum Aceris, Quercus, Andromedae, Vaccinii etc. Hieme, 1875, leg. J. B. Ellis.

3. de Thümen: Mycotheca universalis.
1909. *Lyomyces serus* Karst. (Corticium serum Fr.).
Fennia: Mustiala, in Betulae verrucosae Ehrh. cortice, Oct. 1879, leg. Dr. P. A. Karsten (Hypochnus serus (Pers.) Fr.).

4. de Thümen: Mycotheca universalis.
1504. *Corticium murinum* Berk. et Br.
Victoria (Australia), Berwick, in Eucalypti speciei trunco emortuo, 1878, leg. J. G. Luehmann.

5. „*Corticium rubiginosum*". Dresden.

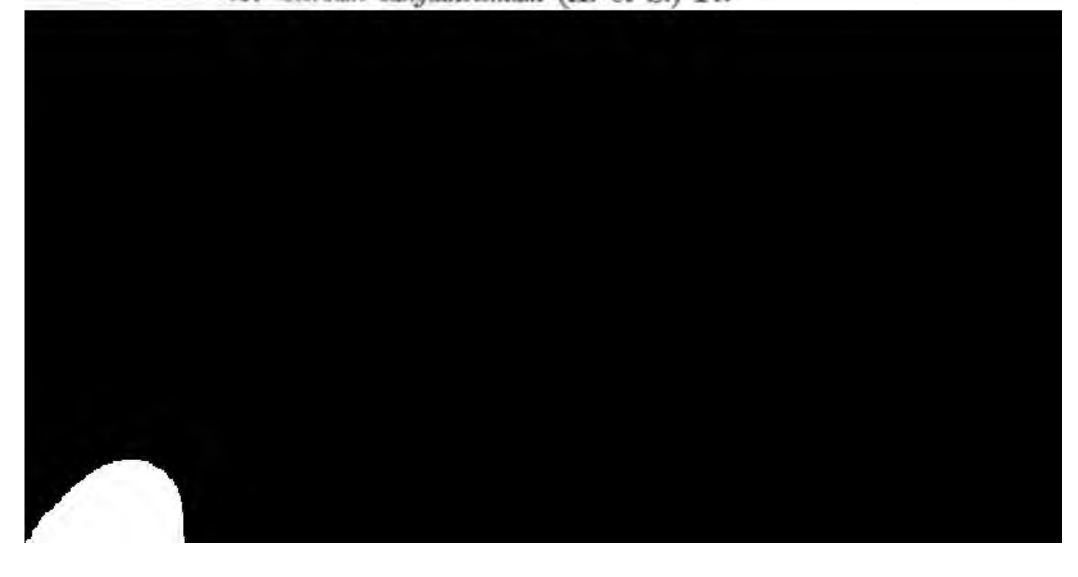
6. C. Roumeguère: Fungi Selecti Galliae exsiccati.
105. *Corticium cinereum* Pers. *f. lilacinum* Kickx.
Sur les bois ouvré de Peuplier placé à l'extérieure des lieux habités. Toulouse, Automne, 1878.

7. *Hypochnus laxus* (Hymenochaete laxa Karst.).
Deutschland, frisches Material.

8. C. Roumeguère: Fungi selecti exsiccati.
5403. *Radulum orbiculare* Fr.
Sur l'écorce du Betula alba, aux environs de Saint Béat, Pyrenées centrales. Automne, 1889, Ch. Fourcade.

9. C. Roumeguère: Fungi Gallici exsiccati.
2014. *Radulum molare* Fr. (R. quercinum Fr. p. p.).
Sur l'écorce morte du Populus tremula L. Janeyras (Isère) novembre, 1881. Com. J. Therry.

10. *Stereum sanguinolentum* (A. et S.) Fr.



13. C. Roumeguère: Fungi Gallici exsiccati.
2212. *Stereum sanguinolentum* Fr.
Sur l'écorce du Pinus sylvestris L. Forêt de Fontainebleau (Seine-et-Marne), Janvier, 1882. Feuillebeaubois (No. 229).

14. *Stereum rugosum* Fr.
Frisches Material.

15. *Stereum fasciatum* Schwein.
Ad truncos Americae septentr. leg. Leibold.

16. de Thümen: Mycotheca universalis.
2011. *Stereum lobatum* Kunze.
Ins. Guadeloupe: in truncis, com. de Bary ex herb. Duby.

17. Linhart: Fungi hungarici.
Stereum hirsutum (Willd.) Wint.
Fagus silvaticán L. Herkulesfürdö mellett., 1885, sept. gy. Linhart.

18. de Thümen: Mycotheca universalis.
1108. *Stereum amoenum* Kalchbr. n. sp.
Promont. Bonae Spei: Somerset-East, in truncis vetustis sylvarum montis „Boschberg.", 1875, leg. Prof. P. Mac Owan.

19. C. Roumeguère: Fungi selecti exsiccati.
4543. *Stereum lobulatum* Fries.
Ile de la Guadeloupe (Antilles), De Barry (sic.).

20. C. Roumeguère: Fungi Gallici exsiccati.
4023. *Stereum (Apus) myrtilinum* Fr.
Sur les troncs d'arbres pourrissants. Forêts des environs de Cuaguazu (Brésil). Février, 1882. B. Balansa.

21. de Thümen: Fungorum exoticorum decades.
22. *Stereum versicolor* Fr. var. *cochleariforme* Kalchbr.
Victoria (Australia): Melbourne, in arborum truncis, leg. Ferd. Bar. de Müller.

22. C. Roumeguère: Fungi selecti exsiccati.
4422. *Stereum ochraceo-flavum* Schwein.
Sur les branches du Corylus americana L. Concordia, Lafayette Co. (Amér. Sept.) Missouri jan., 1888, C. H. Demetrio.

23. de Thümen: Mycotheca universalis.
1107. *Stereum abietinum* Fr.
Fennia: Mustiala, in ligno mucido Piceae vulgaris Lam. Hieme, 1877, leg. Dr. P. A. Karsten.

24. C. Roumeguère: Fungi selecti Gallici exsiccati.
403. *Stereum acerinum* Fries. (Thelephora acerina Pers.).
In cortice Aceris Campestris et Platanis. (Reliquiae Mougeotianae.)

25. de Thümen: Mycotheca universalis.
2111. *Stereum rigens* Karst.
Fennia: Mustiala, in cortice Piceae vulgaris Lam. Oct. 1882.

26. *Stereum Pini* Fr.
Deutschland, frisches Material.

27. *Stereum rufum* Fr.
Deutschland, frisches Material.

28. *Thelephora corylea* Pers.
Reichenberg an Haselnuss, 1856. W. Siegmund.

29. „*Thelephora amoena*".
New-Field, New-Yersey.

30. de Thümen: Mycotheca universalis.
308. *Stereum frustulosum* Fr. (Thelephora frustulosa).
Amer. septentr. New-Field, New-Yersey, in ligno quercino durissimo. Vere. 1874, leg. J. B. Ellis.

31. de Thümen: Mycotheca universalis.
909. *Corticium giganteum* Fr. (Thelephora gigantea).
Fennia: Mustiala, in Pini sylvestris L. Vere. 1877, leg. Dr. P. Karsten.

32. *Corticium uvidum* Fr.
Deutschland, frisches Material.

33. C. Roumeguère: Fungi Selecti Galliae Exsiccati.
4. *Corticium variegatum* Roumeg. in litt.
Environs de Luchon (Haûte Garonne). Sur un escalier en bois de peuplier placé à découvert dans un endroit humide. C. Roumeguère leg.

34. de Thümen: Mycotheca universalis
711. *Corticium acerinum* Thm. var. *nivosum* Rav.

America septentr. Aiken. Carolina australis, ad corticem emortuam Juniperi virginianae Lin., 1876, leg. H. W. Ravenel (schlechtes Material).

35. 215. *Corticium Platani* Ces. mss.
Vercellis: in ambulacro ad Platanum vetustam. Mens. Nov. et Dec. 1855. Cesati (schlechtes Material).

36. C. Roumeguère: Fungi Gallici exsiccati.
2012. *Corticium comedens* (Nees) Fr.
Développé inopinément sur les troncs du chêne mort, après un incendie. Charbounières (Rhône), janvier 1882, comm. J. Therry.

37. C. Roumeguère: Fungi selecti exsiccati.
5802. *Corticium calceum* Fr. var. *albideo fuscescens.*
Sur les branches et les bois mort du Chêne et du Hêtre, à Luchon (Pyrenées centrales) Ch. Fourcade (schlechtes Material).

38. C. Roumeguère: Fungi Gallici exsiccati.
2495. *Corticium Sambuci* (Pers.) Fries.
Sur l'écorce du Sambucus nigra. Environs de Senlis (Oise). F. Sarazzin.

39. C. Roumeguère: Fungi selecti exsiccati.
4307. *Xerocarpus sulphureus* Karst.
Mustiala (Finlande) sur le bois nu du Pin sylvestre. Septembre 1886. P. A. Karsten.

40. de Thümen: Herb. mycol. oeconomicum.
87. *Corticium amorphum* Fr. *f. Abietis.*
Böhmen bei Teplitz auf der Rinde der Aeste und des Stammes jüngerer Bäume der Tanne Abies pectinata DC., April 1873, leg. von Thümen.

41. C. Roumeguère: Fungi Gallici exsiccati.
2513. *Corticium radiosum* Fr. *f. foliicola.*
Sur les bois pourrisants, les brindilles, les siliques desséchées et les feuilles tombés dans les bois humides. Printemps 1883. Environs de Toulouse. Angèle Roumeguère.

42. de Thümen: Mycotheca universalis.
807. *Corticium calceum* Fr. var. *lacteum* Fr.

Promont. bonae Spei: Somerset-East, in cortice arborum variarum, 1875, leg. Prof. Mac Owan.

43. *Corticium Quintasianum* n. sp.
Habitat ad ligna mucida in Ins. St. Thomae, leg. Quintas.

44. *Thelephora puteana* Schum. (Coniophora puteana (Schum.) Fr.
Deutschland, frisches Material.

45. *Corticium seriale* Fr.
Deutschland, frisches Material.

46. *Radulum laetum* Fr.
Deutschland, frisches Material.

47. *Corticium violaceo-lividum* (Somm.) Fr.
Deutschland, frisches Material.

48. C. Roumeguère: Fungi selecti exsiccati.
4303. *Corticium violaceo-lividum* (Somm.) Fr.
Sur le tronc mort d'un saule, Bagnères-de-Luchon (Haûte Garonne) Hiver 1887. Ch. Fourcade.

49. C. Roumeguère: Fungi selecti exsiccati.
5506. *Stereum purpureum* Pers.
Sur les branches mortes du Groseiller cultivé. Saint-Dié (Vosges). Anna Ferry.

50. *Stereum purpureum* Pers.
Habitat ad ligna in Ins. St. Thomae, leg. Ad. Moller.

51. *Hypochnus* sp.
Frisches Material.

52. *Grandinia crustosa* (Pers.) Fr.
Reichenberg an altem Holz, 1856. W. Siegmund.

53. C. Roumeguère: Fungi selecti exsiccati.
4904. *Phlebia merismoides* Fr.
Sur le tronc mort du Prunus avium. Environs de Rouen (Seine-Inférieure), Octobre. A. de Breton.

54. Linhart: Fungi Hungarici.
440. *Phlebia contorta* Fr.
Fagus sylvaticán L. Herculesfürdö mellett, 1885, szept. gy. Linhart, meghat. Bresadola.

55. C. Roumeguère: Fungi Gallici exsiccati.
2611. *Thelephora Sowerbii* Bkl. et B.

Sur la terre, dans les bois humides. Environs de Senlis (Oise), juillet 1883, cap. F. Sarrazin (schlechtes Material).

56. 208. *Craterellus lutescens* Fr.
Dresdae et Salisburgi in silvis umbrosis.

57. *Craterellus Cornucopioides* (schlechtes Material).

58. 210. *Odontia Bugellensis* Ces.
Bugellae (Pedemont). Perennans, sept. 1855. Cesati (schlechtes Material).

59. C. Roumeguère: Fungi Gallici exsiccati.
902. *Irpex obliquus* (Schrad.) Fr.
Sur bois de peuplier. Env. de Lyon. Automne 1870. J. Therry (schlechtes Material).

60. de Thümen: Mycotheca universalis.
1208. *Irpex lacteus* Fr.
Fennia: Mustiala, in Sorbi Aucupariae Lin. trunco emortuo Nov. 1877, leg. Dr. P. A. Karsten (schlechtes Material).

61. 1214. *Irpex candidus* Wienm.
Ad truncos vetustos pr. Dresden (im grossen Garten). (Schlechtes Material).

62. C. Roumeguère: Fungi Selecti exsiccati.
4424. *Irpex Eucalypti* Sp. n. Winter in Herb.
Sur l'écorce morte de l'Eucalyptus globulus Coimbra (Portugal). Été 1886. Moller.

Figuren-Erklärung.

Tafel III.

Fig. 1 u. 2. *Corticium cinereum.*

Fig. 1. Längsschnitt durch den Fruchtkörper, ohne Behandlung, die Leitungselemente als braune, lange Röhren sichtbar. $\frac{150}{1}$.

Fig. 2. Jüngere und ältere Leitungselemente, frei präparirt. $\frac{400}{1}$.

Fig. 3. *Hymenochaete tabacina.* Längsschnitt. *a* Rindenschicht; *b* Markgewebe, mit den Leitungselementen; *c* Hymenium, mit den lanzettförmig ausgebildeten Endigungen der Leitungselemente. $\frac{150}{1}$.

Fig. 4. *Corticium murinum.* *a* Zwei Leitungselemente, frei präparirt. $\frac{400}{1}$. *b* ein Vegetationspunkt, mit den Leitungselementen. $\frac{150}{1}$.

Fig. 5. *Hypochnus laxus.* Längsschnitt. Die Leitungselemente verlaufen im Innern des Fruchtkörpers. $\frac{200}{1}$.

Fig. 6. *Radulum molare.* Die Leitungselemente sind vertical auf die Basidienschicht gerichtet, am Grunde des Fruchtkörpers sieht man die Stereïdenschicht. $\frac{355}{1}$.

Tafel IV.

Fig. 7—10. *Stereum sanguinolentum.*

Fig. 7. Längsschnitt von einem jungen Fruchtkörper im Winter. Die angeschwollenen Enden der Leitungselemente dringen bis zum Hymenium. $\frac{400}{1}$.

Fig. 8. Querschnitt. Zeigt die regelmässige Vertheilung der Leitungselemente. $\frac{400}{1}$.

Fig. 9. Ein Fruchtkörper der Länge nach halbirt. Die Leitungselemente dringen hauptsächlich in das Hymenium ein und sind an den Vegetationspunkten am zahlreichsten ausgebildet (*a* u. *b*). $\frac{50}{1}$.

Fig. 10. Leitungselemente, frei präparirt. $\frac{400}{1}$.

Fig. 11. *Stereum rugosum.* Entstehung der Leitungselemente als seitliche Verzweigungen an gewöhnlichen Gewebshyphen, aus einem jungen Fruchtkörper frei herauspräparirt. $\frac{400}{1}$.

Fig. 12 u. 13. *Stereum fasciatum.*

Fig. 12. Längsschnitt. *a* basale „Rindenschicht“; *b* Markschicht; *c* lockere Gewebepartien; *d* altes, *e* neues Hymenium. Die Leitungselemente dringen aus dem Markgewebe in das Hymenium. $\frac{145}{1}$.

Fig. 13. Querschnitt von derselben Stelle. Die Bezeichnungen correspondiren mit denen in Fig. 12. $\frac{145}{1}$.

Fig. 14. *Stereum lobatum.* Querschnitt. *a* Rindenschicht, mit Rhizoiden; *b* lockeres Markgewebe, in den obersten Partien mit den Leitungselementen; *c* hymeniale Schicht, an der Basis dieser Schicht sind Lufträume ausgebildet, oberhalb dieser trifft man eine krystallinische Schicht. Die Leitungselemente dringen durch die krystallinische Schicht in das Hymenium. $\frac{145}{1}$.

Fig. 15. *Stereum hirsutum.* Längsschnitt. Basale Rindenschicht vom mächtigen Markgewebe kaum verschieden, ein grosser Theil des Markgewebes wurde wegen Mangels an Raum weggelassen. $\frac{145}{1}$.

Tafel V.

Fig. 16 u. 17. *Stereum abietinum.*

Fig. 16. Längsschnitt. Leitungselemente in zwei Schichten ausgebildet. $\frac{80}{1}$.

Fig. 17. Zwei Leitungselemente, frei präparirt. $\frac{355}{1}$.

Fig. 18. *Corticium variegatum.* Längsschnitt. *a* Basale Rindenschicht; *b* lockeres Markgewebe; *c* Hymenium. Die Leitungselemente dringen mit ihren stark angeschwollenen Enden in das Hymenium. $\frac{145}{1}$.

Fig. 19. *Thelephora Corylea.* Querschnitt. *a* Basale Rindenschicht, mit den Rhizoiden; *b* dichtes Füllgewebe; *c* Markgewebe, in der unteren Grenzschicht die Ursprungstellen von den Leitungselementen; *d* Hymenium. $\frac{145}{1}$.

Fig. 20 u. 21. *Thelephora amoena.*

Fig. 20. Längsschnitt. Zeigt die zonenweise Vertheilung des Leitungssystems. $\frac{150}{1}$.

Fig. 21. Einige Leitungselemente, frei präparirt. $\frac{355}{1}$.

Fig. 22 u. 23. *Thelephora gigantea.*

Fig. 22. Längsschnitt, mit besonderen mächtigen Cystiden. $\frac{355}{1}$.

Fig. 23. Eine Cystide, stärker vergrössert. $\frac{600}{1}$.

Fig. 24. *Corticium cinereum f. lilacinum.* Längsschnitt. *a* basale Rhizoidenschicht, ausserordentlich mächtig entwickelt; *b* Markschicht, mit dem Leitungssystem; *c* Lufträume, Durchlüftungssystem; *d* Hymenium, mit Leitungselementen. $\frac{52}{1}$.

Fig. 25. *Corticium uvidum.* Längsschnitt. Einfachste Ausbildung des *Corticium*-Typus. *a* Rinde des als Substrat dienenden Baumes; *b* Markgewebe; *c* Hymenium. Die mächtigen Leitungselemente entspringen den untersten Gewebehyphen und dringen als gabelig getheilte Schläuche in das Hymenium. $\frac{355}{1}$.

Tafel VI.

Fig. 26—28. *Corticium seriale.*

Fig. 26. Längsschnitt. Die Leitungselemente sind in zwei Zonen ausgebildet. Die unteren sind schon entleert; oberhalb deren befindet sich ein Füllgewebe (*a*), aus dessen Hyphen sich neue Leitungselemente (*b*) bilden, die mit ihrem langen Halse, durch das Markgewebe (*c*) dringend, sich in das Hymenium (*d*) hineinbohren. $\frac{450}{1}$, auf die Hälfte reducirt.

Fig. 27. Entstehung der Leitungselemente. Von den Gewebshyphen des Fruchtkörpers entspringen die jungen Leitungsanlagen. $\frac{500}{1}$.

Fig. 28. Eine Ecke des Fruchtkörpers. Die Leitungselemente dringen in den Vegetationspunkt hinein. $\frac{500}{1}$.

Fig. 29—31. *Radulum laetum.*

Fig. 29. Längsschnitt. Oberhalb des mächtig ausgebildeten Markgewebes (*a*) befinden sich die Leitungselemente (*b*) in zwei Zonen ausgebildet. $\frac{200}{1}$.

Fig. 30. Leitungselemente, frei präparirt. $\frac{500}{1}$.

Fig. 31. Längsschnitt von einem Fruchtkörper. An Stellen des schnellen Wachsthums (Vegetationspunkte) sind die Leitungselemente massenhaft ausgebildet. $\frac{120}{1}$, auf die Hälfte reducirt.

Fig. 32—36. *Corticium violaceo-lividum.*

Fig. 32. Leitungselemente, aus Alkoholmaterial, mit Hämatoxylin gefärbt. In dem netzförmigen Protoplasmaschlauche sind 1—2 Zellkerne sichtbar. $\frac{450}{1}$.

Fig. 33. Entstehung der Leitungselemente an den jungen Mycelialhyphen in den Objectträgerkulturen. $\frac{500}{1}$.

Fig. 34. Längsschnitt. Zeigt die Vertheilung des Leitungssystems im Fruchtkörper. $\frac{50}{1}$.

Fig. 35. Eine Partie vom Rande des Fruchtkörpers mit dem Vegetationspunkt. $\frac{500}{1}$.

Fig. 36. Frei präparirte Leitungselemente aus dem Fruchtkörper. $\frac{500}{1}$.

Fig. 37—39. *Stereum purpureum.*

Fig. 37. Längsschnitt durch den Fruchtkörper. *a* Basale Rindenschicht; *b* festes Füllgewebe; *c* Markgewebe, zwischen dessen locker verflochtenen Hyphen sich die Leitungselemente als kugelig angeschwollene Zellen ausbilden. $\frac{155}{1}$.

Fig. 38. Zwei Elemente, frei präparirt. Zeigt die Entstehung an den gewöhnlichen Gewebehyphen. $\frac{950}{1} = 4\,{}^1/_{12}''$ Zeiss. — Beide von St. Dié, Vosges.

Fig. 39. Von der Insel São Thomé (Guinea). Eine Partie des Markgewebes mit den Leitungselementen, unter denen auch ganz junge zu finden sind, die noch als eine leichte Anschwellung des Hyphenendes eben angedeutet sind. $\frac{670}{1}$.

Fig. 40. *Grandinia crustosa.* Längsschnitt. Der Fruchtkörper wird von zwei Gewebeschichten gebildet, die abwechselnd auftreten. Zuerst trifft man ein mit zahnartigen Anschwellungen versehenes, luftführendes Gewebe (*a*), auf welchem ein sehr lockeres Markgewebe (*b*) folgt, in dem grosse Leitungselemente zerstreut liegen; diese Zonen wiederholen sich noch zweimal und liegt der Fruchtkörper mit der letzten Markgewebeschicht direct auf dem Holze des als Substrat dienenden Baumes. $\frac{450}{1}$.

Tafel VII.

Fig. 1—8. *Lactarius deliciosus.*

Fig. 1. Querschnitt durch den Stiel, die Rosettengruppen stellen das mechanische System dar. $\frac{20}{1}$.

Fig. 2. Radialer Längsschnitt durch den Stiel, die Rosettengruppen sind dunkel schraffirt. $\frac{20}{1}$.

Fig. 3. Eine Anastomose zwischen den Zweigen eines Leitungselementes. $\frac{450}{1}$.

Fig. 4. Tangentialer Längsschnitt aus dem Hute. Zeigt die Rinde, das subcorticale Leitungssystem, das Durchlüftungssystem, oberhalb der Lamellen treten die Rosetten auf, daranf kommt das Leitungssystem der Lamellen, das hier parallel zur Oberfläche der Lamellen verläuft. $\frac{70}{1}$.

Fig. 5. Ein Theil aus dem Hymenium. Die letzten, feinsten Verzweigungen der Leitungselemente dringen zwischen die Basidien ein. $\frac{450}{1}$.

Fig. 6. Die letzten Verzweigungen eines Leitungselementes. $\frac{900}{1}$.

Fig. 7. Ein Theil eines Leitungselementes (leer), die Verbindungen oder Verzweigungen treten sehr schön hervor. $\frac{450}{1}$.

Fig. 8. *Mycena galopus*. Ein Theil eines Leitungselementes fixirt und mit Safranin gefärbt. $\frac{450}{1}$.

Fig. 9 u. 10. *Lactarius resimus*.

Fig. 9. Junger Fruchtkörper, halbirt, zeigt die Vertheilung des Leitungssystems. $\frac{30}{1}$.

Fig. 10. Aelterer Fruchtkörper, der Länge nach halbirt, zeigt die subcorticale Vertheilung des Leitungssystems. Die mechanischen Rosettensäulen laufen parallel der Achse und sind durch das Bindegewebe fest verbunden. $\frac{30}{1}$. Daneben in natürlicher Grösse.

Fig. 11 u. 12. *Lactarius glyciosmus*.

Fig. 11. Junge Rosettengruppe. $\frac{450}{1}$.

Fig. 12. Eine Rosettengruppe im Querschnitte. In der Mitte ist ein Leitungselement sichtbar, die ganze Gruppe ist von Leitungselementen umflochten. $\frac{450}{1}$.

Fig. 14—17. *Lactarius resimus*.

Fig. 13. $\frac{45}{1}$. Zeigt auch die Rosettengruppen *e*; sonst bedeuten die Buchstaben: *a* Primäre Rinde; *b* Leitungselemente; *c* luftführende Gewebe; *d* innere Leitungsgewebe.

Fig. 14. Querschnitt durch den Stiel. $\frac{450}{1}$.

Fig. 15. Querschnitt durch die Basis des Stieles. In der Rinde sind die Leitungselemente auf die Oberfläche vertical gerichtet. $\frac{45}{1}$.

Fig. 16. Eine Partie der Rinde stärker vergrössert. $\frac{450}{1}$.

Fig. 17. Eine Rosettenzelle in Verbindung mit den Zellen des Bindegewebes. $\frac{450}{1}$.

Fig. 18 u. 19. *Lactarius deliciosus*.

Fig. 18. Ein Leitungselement, im Plasmabelege mit vielen Zellkernen. $\frac{450}{1}$.

Fig. 19. Zwei Rosettenzellen, frei präparirt, die eine hat zwei Zweige getrieben. $\frac{450}{1}$.

Fig. 20—22. *Mycena galopus.*

Fig. 20. Ein Leitungselement aus dem Stiele (= Milchzelle) mit zapfenförmigen Verdickungen. $\frac{450}{1}$.

Fig. 21. Einige Parenchymzellen an den Längswänden mit treppenförmigen Tüpfeln. $\frac{450}{1}$.

Fig. 22. Eine grosse Parenchymzelle aus dem Stiele, mit einem Verdickungsringe. $\frac{450}{1}$.

Budapest, den 1. November 1895.

Botanische Abtheilung des Ungarischen National-Museums (V. Széchenyi u. 1. II, 17).

Ueber den Einfluss der Temperatur auf die osmotischen Processe lebender Zellen.

Von

G. Krabbe.

Vorwort.

Von R. Kolkwitz.

Auf Wunsch der Gemahlin des verstorbenen Professors Krabbe übernahm ich aus dem Nachlasse gern die Bearbeitung der Aufzeichnungen wissenschaftlichen Inhalts. Nach dem Sichten der Papiere ergab sich, dass eine so gut wie vollständig abgeschlossene Reinschrift dieser beifolgenden Arbeit vorhanden war. Auch der Titel war vom Verfasser bereits bestimmt. Ausserdem lag zu dieser Abhandlung ein Concept und das aus den Experimenten gewonnene Untersuchungsmaterial vor. Weitere zusammenhängende botanische Notizen von Werth hat Professor Krabbe nicht hinterlassen.

Die Durchsicht des Manuscriptes wurde mir dadurch erleichtert, dass ich während der Krankheit des Verfassers nach seinen Angaben einen Theil der Versuche im Sommer der Jahre 1892 und 1893 selbst ausgeführt habe. Was zur endgültigen Fertigstellung der vorliegenden Abhandlung jetzt zu thun noch übrig blieb, war im Wesentlichen eine Ueberarbeitung des Wortlautes und besonders der Zahlenangaben, die nicht an allen Stellen mit den citirten Tabellen übereinstimmten. Der III. Theil war nur im Entwurf vorhanden.

Dem Leser wird es auffallen, dass die Darstellung hier und da etwas breit und von Wiederholungen nicht frei ist. Professor Krabbe hätte diese Stellen vielleicht noch verbessert, ich selbst aber vermied, wo es irgend anging, absichtlich jede Aenderung,

um in keiner Weise für den Inhalt dieser Arbeit verantwortlich zu sein und um sie möglichst unverändert wiederzugeben.

Die Untersuchungen zu den nachstehenden Mittheilungen sind vom Autor bald nach Abschluss der in Pringsheim's Jahrbüchern veröffentlichten Abhandlung — S. Schwendener und G. Krabbe: Ueber die Beziehungen zwischen dem Maass der Turgordehnung und der Geschwindigkeit der Längenzunahme wachsender Organe — im Frühling 1892 begonnen und in der Hauptsache im Herbst 1894 beendet worden. Das Markgewebe des Hollunders stammte nicht, wie in der eben angeführten Arbeit und in dem mir vorliegenden Manuscript irrthümlich angegeben ist, von *Sambucus racemosa*, sondern von *Sambucus nigra*.

Berlin, im April 1896.

Einleitung.

Obgleich in den letzten Jahren verhältnissmässig zahlreiche, physiologisch zum Theil wichtige Untersuchungen über osmotische Processe und ihre Bedeutung für den Haushalt des pflanzlichen Organismus erschienen sind, haben unsere diesbezüglichen Kenntnisse in einem wesentlichen Punkte kaum oder doch nur eine geringe Förderung erfahren. Ich denke hierbei ganz allgemein an den Einfluss, den die Temperatur auf die osmotischen Erscheinungen lebender Zellen ausübt. Es sind hier vor Allem zwei Fragen, deren genaue Beantwortung in physiologischer Hinsicht von nicht geringer Bedeutung ist. Einmal handelt es sich um eine genaue Feststellung der mit Temperaturschwankungen verbundenen Aenderungen in der osmotischen Druckhöhe, und sodann fragt es sich, ob und in welcher Weise die Geschwindigkeit der osmotischen Wasserbewegung unter der Annahme, dass die gelösten Stoffe nicht exosmiren, von der Temperatur beeinflusst wird. Von einer osmotischen Wasserbewegung kann unter diesen Umständen selbstverständlich nur so lange die Rede sein, als kein Gleichgewichtszustand zwischen dem hydrostatischen Druck des Zellinhaltes und der Spannung der Zellwand besteht.

Nach den neuesten Darlegungen Pfeffer's ist die Qualität der Plasmahaut, so lange diese für die osmotisch wirkenden, gelösten Stoffe impermeabel bleibt, auf die Höhe des hydrostatischen Druckes ohne Einfluss; dasselbe gilt aber nicht, wie leicht einzusehen ist, von der Geschwindigkeit der osmotischen Wasserbewegung. Wenn wir zwei turgorlose Zellen mit derselben Concentration des Zellsaftes, d. h. mit derselben osmotischen Kraft, in reines Wasser legen, so ist selbst bei Qualitätsverschiedenheit der Plasmahaut (bei Ausschluss von Exosmose der osmotisch wirksamen Substanzen) die schliesslich erreichte Druckhöhe in den Zellen in beiden Fällen die gleiche, nicht aber die Zeit, die zur Erreichung des stationären Zustandes erforderlich ist. Und sofern die Temperatur die Qualität des Plasmaschlauches ändern sollte, muss sie auch auf die Geschwindigkeit der osmotischen Wasserbewegung von Einfluss sein, von anderen Momenten ganz abgesehen. In der Physiologie sind keinerlei Untersuchungen über diesen wichtigen Gegenstand vorhanden. Soviel leuchtet ja sofort ein, dass für die Oekonomie der Pflanze die Geschwindigkeit, mit welcher die Bewegung von Wasser oder anderen Stofftheilchen vor sich geht, von ebenso grosser, wenn nicht von grösserer Bedeutung ist, als die Höhe des osmotischen Druckes im stationären Zustand.

Wie wir aus den bahnbrechenden „Osmotischen Untersuchungen" Pfeffer's wissen, wird der schliesslich erreichte osmotische Druck in Thonzellen, bei welchen ausschliesslich physikalische Vorgänge in Frage kommen, von Temperaturschwankungen nur in geringem Maasse beeinflusst. Indem van t'Hoff auf Grund der Pfeffer'schen Versuche für den osmotischen Druck den Temperaturcoëfficienten genauer präcisirte, hat er sich zweifellos auch für die physiologische Forschung ein Verdienst erworben. Können auch die diesbezüglichen Untersuchungen in physikalischer Hinsicht keineswegs als abgeschlossen betrachtet werden, so dürfen wir doch auf Grund der van t'Hoff'schen Darlegungen vom physiologischen Standpunkte aus für den osmotischen Druck denselben Temperaturcoëfficienten annehmen, wie er für den Gasdruck schon lange festgestellt ist. Danach nimmt der osmotische Druck unter sonst gleichen Verhältnissen bei einer Temperaturerhöhung von 1° C. um den $^1/_{273}$ Theil des bei 0°

vorhandenen Druckes zu; es besteht mit anderen Worten zwischen dem osmotischen Druck und der absoluten Temperatur Proportionalität.

Wie bereits Pfeffer ganz zutreffend hervorhebt, sind die theoretischen Anschauungen van t'Hoff's über die Natur und das Zustandekommen des osmotischen Druckes physiologisch zunächst von geringem Interesse. Van t'Hoff sucht bekanntlich in seiner Arbeit über „Die Rolle des osmotischen Druckes in der Analogie zwischen Lösungen und Gasen" nachzuweisen, dass für verdünnte Lösungen, soweit es sich um osmotische Processe handelt, dieselben Gesetze gelten wie für Gase. Wie der von Gasen gegen eine abschliessende Wand entwickelte Druck, so soll auch der osmotische Druck ein kinetischer sein, also in derselben Weise wie jener durch den Anprall der in Lösung befindlichen Moleküle gegen die umgebende Wand zu Stande kommen. Ein gelöster Körper muss daher gegen eine nur für Wasser permeable Wand denselben Druck entwickeln wie in gasförmigem Zustande bei gleicher Molekülzahl. Wie weit sich die hier angedeutete Theorie des osmotischen Druckes begründen lässt, bleibt der physikalischen Forschung zu entscheiden vorbehalten. Der Temperaturcoëfficient, auf den es hier allein ankommt, ist zunächst rein empirischer Natur und insofern von jeder Theorie unabhängig, wie ja auch der Temperaturcoëfficient des Gasdruckes nicht erst durch theoretische Betrachtungen, sondern auf dem Wege experimenteller Forschung gewonnen wurde.

Gehen wir nun nach diesen Vorbemerkungen von dem physikalischen auf das physiologische Gebiet über, so tritt uns hier die schon oben hervorgehobene allgemeine Frage entgegen, in welcher Weise die osmotischen Processe lebender Zelle von der Temperatur beeinflusst werden. Rein physikalisch betrachtet, d. h. losgelöst von den Lebensfunctionen des Plasmas, müssen die osmotischen Vorgänge in lebenden Zellen genau denselben Gesetzen unterliegen, wie beispielsweise in den leblosen Thonzellen Pfeffer's, allein wir wissen für eine Reihe von Fällen, dass gerade der osmotische Druck durch den Eingriff des lebenden Protoplasmas schnelle und weitgehende Aenderungen erfahren kann. Ich brauche nur an die reizbaren Staubgefässe der *Cynareen*

zu erinnern; die hier wie in anderen Fällen auf Berührung eintretenden Bewegungen kommen zwar rein physikalisch durch osmotische Druckschwankungen und damit verbundene Spannungsänderungen der Zellmembran zu Stande, es ist jedoch das lebende Protoplasma, durch dessen Thätigkeit erst die Bedingungen für die fraglichen Druckschwankungen geschaffen werden.

Dass die lebenden Pflanzenzellen Temperaturschwankungen gegenüber nicht in dem Maasse reizbar sind, wie die *Cynareen*-Staubgefässe gegen Berührung, bedarf keines Beweises, allein damit ist die Frage, ob und inwieweit das Plasma unter dem Einfluss der Temperatur auf den Gang der osmotischen Processe einwirkt, nicht entschieden. Eine solche Einwirkung ist in verschiedener Weise möglich, einmal durch Constitutionsänderung des osmotisch wirksamen Zellsaftes, durch Qualitätsänderungen der Plasmahaut oder durch Aenderung beider Factoren. Was die Plasmahaut betrifft, so wurde schon hervorgehoben, dass Qualitätsänderungen derselben (bei Ausschluss von Diosmose der gelösten Stoffe) nur die Geschwindigkeit der osmotischen Wasserbewegung, nicht aber die schliessliche osmotische Druckhöhe zu beeinflussen vermögen. Aenderungen des osmotischen Druckes kommen unter diesen Umständen zunächst rein physikalisch zu Stande, indem sich die osmotische Kraft des Zellinhaltes, die Anziehung zwischen gelöster Substanz und Wasser, ändert; das lebende Plasma kann nur durch Concentrationsänderung des Zellinhaltes eingreifen.

Wie wir aber später sehen werden, ist es mehr als wahrscheinlich, dass der Plasmaschlauch in vielen Fällen erst unter der Einwirkung einer höheren Temperatur für die gelösten Stoffe permeabel wird, während derselbe bei niederen Temperaturen nur Wasser passiren lässt. Wo dies zutrifft, muss mit einer bestimmten Temperaturerhöhung in lebenden Zellen statt einer Steigerung ein Sinken des osmotischen Druckes eintreten, während eine Temperaturerniedrigung natürlich den entgegengesetzten Effect zur Folge haben muss. Bezüglich des letzten Punktes kommen übrigens für die lebende Zelle noch eine Reihe anderer Factoren in Frage, die eine genaue Feststellung der mit Temperaturschwankungen verbundenen Aenderungen des osmotischen Druckes in hohem Maasse erschweren. Hier sei einstweilen nur

in Kürze die Frage aufgeworfen, welche Mittel uns zur Feststellung von osmotischen Druckschwankungen für die lebende Zelle zu Gebote stehen. Es ist klar, dass die von H. de Vries ausgebaute, physiologisch so fruchtbare plasmolytische Methode hier nicht mehr anwendbar ist. Denn sobald wir eine Zelle in eine mit dem Zellsaft isotonische Lösung bringen, müssen Temperaturschwankungen die osmotische Kraft des Zellinhaltes und der plasmolysirend wirkenden Substanz in gleicher Weise beeinflussen. Wenn wir für irgend eine Lösung die Concentration bestimmt haben, in welcher sie mit dem Gehalt einer Zelle bei 20° C. isotonisch ist, so muss dieses Verhältniss auch bei anderen Temperaturen bestehen bleiben, wenn man nicht annehmen will, dass die osmotische Kraft der isotonischen Lösungen von der Temperatur gegenüber dem Zellsaft in ganz ungleichem Maasse beeinflusst wird. Dass eine solche Annahme unzulässig ist, folgt nicht nur aus theoretischen Erwägungen, sondern auch aus den experimentellen Untersuchungen Hamburger's und Donder's. Diese haben durch Versuche an Blutkörperchen festgestellt, dass die plasmolytische Wirkung isotonischer Lösungen durch Temperaturschwankungen keine Aenderung erfährt.

Um in unserem Falle zum Ziele zu gelangen, würde es das Einfachste sein, den Gehalt der Zelle direct mit einem Manometer in Verbindung zu setzen, wie dies Pfeffer bei seinen Thonzellen gethan hat. Da uns jedoch aus naheliegenden Gründen auch dieser Weg verschlossen ist, bleibt nur übrig, Aenderungen des osmotischen Druckes lebender Zellen auf indirectem Wege zu ermitteln, indem man die Volumänderungen festzustellen sucht, die in Wasser befindliche Zellen in Folge von Temperaturschwankungen erfahren. Im jungen, noch wachsthumsfähigen Stadium besitzen die meisten pflanzlichen Zellen in turgescentem Zustande eine nicht unbeträchtliche elastische Dehnung ihrer Wände, die dem osmotischen Druck das Gleichgewicht hält. Jede Aenderung dieses Gleichgewichtszustandes durch osmotische Druckschwankungen ist mit einer entsprechenden Vergrösserung oder Verkleinerung dieser elastischen Zellwanddehnung und in Folge hiervon mit einer Volumänderung der ganzen Zelle verbunden. Um die Verhältnisse für eine Untersuchung recht einfach zu gestalten, empfiehlt es sich, von möglichst langgestreckten

Zellen auszugehen, bei welchen die Dehnung der Wände in der Längsrichtung diejenige in der Querrichtung so sehr überwiegt, dass die letztere bei Feststellung von Volumänderungen gänzlich vernachlässigt werden kann. Hier kommt es also nur darauf an, die Verkürzung oder Verlängerung zu ermitteln, die solche Zellen in Wasser von verschiedener Temperatur erfahren. Da indessen die einzelne Zelle in der Regel viel zu klein ist, um solche Dimensionsänderungen sicher erkennen zu lassen, muss man viele miteinander verbundene Zellen wählen, wie sie z. B. in einem *Spirogyra*-Faden gegeben sind. Würde die Untersuchung Werthe ergeben, die von den auf Grund des van t'Hoff'schen Coëfficienten berechneten sehr erheblich abweichen, so könnte daraus die physiologisch wichtige Folgerung gezogen werden, dass unter dem Einfluss von Temperaturschwankungen auch das lebende Protoplasma an den Aenderungen des osmotischen Druckes in irgend einer Weise betheiligt ist.

Ich habe längere Zeit die Frage nach dem Einfluss der Temperatur auf die osmotische Druckhöhe lebender Zellen verfolgt, muss jedoch davon Abstand nehmen, auf diesen Gegenstand hier weiter einzugehen, hauptsächlich aus dem Grunde, weil es mir nicht gelungen ist, bezüglich der fraglichen Druckänderungen bestimmte, in Zahlen ausdrückbare Werthe zu gewinnen. Meine an Wurzeln und dem jungen Markgewebe oberirdischer Organe ausgeführten Versuche haben ziemlich übereinstimmend nur soviel ergeben, dass die Aenderungen des osmotischen Druckes bei Temperaturschwankungen keine physiologisch irgendwie in's Gewicht fallende Grösse besitzen. Bei Temperaturerniedrigung habe ich stets Werthe gefunden, die hinter denen zurückbleiben, welche die van t'Hoff'sche Theorie verlangt. Handelt es sich um Zellcomplexe, um junge Gewebe, die in lebhaftem Wachsthum begriffen sind, so ist mit einer Temperaturerniedrigung, durch welche das Wachsthum entweder völlig oder nahezu sistirt wird, in der Regel eine Steigerung des Turgors verbunden, vorausgesetzt, dass den Zellen die Möglichkeit gegeben ist, Wasser aufzunehmen.

Befriedigendere Ergebnisse glaube ich in der Frage nach dem Einfluss der Temperatur auf die Geschwindigkeit der osmotischen Wasserbewegung erzielt zu haben. Mit diesem Gegen-

stand werden sich die folgenden Capitel fast ausschliesslich beschäftigen.

I. Ueber den Einfluss der Temperatur auf die Geschwindigkeit der osmotischen Wasserbewegung.

1. Untersuchungsmethode.

Wie schon einleitend bemerkt wurde, ist eine auf osmotischen Processen beruhende Wasserbewegung nur so lange möglich, als sich die osmotische Kraft des Zellinhaltes mit der Spannung der Zellwand nicht im Gleichgewicht befindet; in Geweben muss eine solche Wasserbewegung von Zelle zu Zelle erfolgen, wenn an verschiedenen Punkten derselben osmotische Druckdifferenzen vorhanden sind. Unsere Aufgabe ist es nun, den Einfluss der Temperatur auf die Geschwindigkeit der fraglichen Wasserbewegung für bestimmte Objecte genau festzustellen. Die Bezeichnung „osmotische Wasserbewegung“ schliesst selbstverständlich die Annahme in sich, dass der Primordialschlauch bei verschiedenen Temperaturen nur für Wasser, nicht aber für die gelösten Substanzen passirbar ist. Obgleich diese Voraussetzung im Allgemeinen mit der Wirklichkeit in offenbarem Widerspruch steht, werden dadurch, wie wir nachher sehen werden, weder unsere Untersuchungsergebnisse, noch die daraus zu ziehenden Folgerungen irgendwie beeinflusst.

Um über die Geschwindigkeit der osmotischen Wasserbewegung Aufschluss zu gewinnen, sind wir auf dieselbe Methode angewiesen, die bereits in der Einleitung bei Besprechung der osmotischen Druckschwankungen kurz skizzirt wurde. Es handelt sich demnach allgemein um eine genaue Bestimmung der Wasservolumina, die von einer Zelle resp. von einem Zellcomplex unter sonst gleichen Bedingungen bei verschiedenen Temperaturen in der Zeiteinheit aufgenommen oder abgegeben werden. Auch in dem vorliegenden Falle vereinfacht sich die Untersuchung ganz erheblich, wenn Objecte zur Verfügung stehen, die in turgescentem Zustande eine beträchtliche elastische Dehnung der Wände besitzen, und die ausserdem während der Aufnahme und Abgabe von Wasser fast nur in einer Richtung Dimensionsänderungen

zeigen. Unter diesen Umständen giebt uns die beobachtete Verlängerung oder Verkürzung unmittelbar Aufschluss über die Geschwindigkeit der Wasserbewegung, da zwischen dem aufgenommenen resp. abgegebenen Wasserquantum und der beobachteten Verlängerung oder Verkürzung Proportionalität besteht. Vorausgesetzt ist hierbei, dass die Dehnbarkeit der Zellwände durch die hier in Frage kommenden Temperaturschwankungen nicht geändert wird.

Ganz vorzügliches Untersuchungsmaterial für den vorliegenden Gegenstand liefert das jugendliche, noch im Wachsthum begriffene Markgewebe mancher Pflanzen, wie *Helianthus annuus*, *Sambucus nigra*, *Inula Helenium* u. s. w. Frei präparirte Markcylinder dieser Pflanzen sind im Maximum der Turgescenz durch eine longitudinale elastische Zellwanddehnung von oft 15—25 % ausgezeichnet; gegen diese grosse Ausdehnung in der Längsrichtung können die geringen Dimensionsänderungen in der Querrichtung ganz vernachlässigt werden.

Befreit man das jugendliche Markgewebe von den umschliessenden Gewebetheilen der Rinde, dem Collenchym und etwa schon vorhandenen jungen Gefässbündeln, so zeigt jenes bekanntlich eine Verlängerung, während sich die Rinde und das Collenchym verkürzen; denn im Gewebeverbande mit dem Mark befindet sich vor Allem das Collenchym in Zugspannung, das Mark dagegen in Druckspannung. Das *Helianthus*-Markgewebe eines jungen Sprossstückes von beispielsweise 100 mm Länge dehnt sich bei der Isolirung von 100 auf ca. 102—105 mm aus. Weit bedeutender gestalten sich dagegen die Längenänderungen solcher Markgewebecylinder, wenn man sie nach der Isolirung aus dem Gewebeverbande entweder der Plasmolyse unterwirft oder sie in reines Wasser legt. Im ersten Falle tritt eine Contraction ein, die nicht selten mehr als 10 % der im Gewebeverbande vorhandenen Länge beträgt. Noch beträchtlicher ist die Verlängerung solcher Markcylinder in Wasser, welches etwa Zimmertemperatur besitzt; unter diesen Umständen findet gewöhnlich schon in wenigen Stunden eine Verlängerung von 100 auf 130—140 mm statt.

Die besprochene Erscheinung ist für unsere Zwecke erst verwendbar, nachdem die wichtige Frage entschieden, welche

Factoren sich an der Verlängerung der Markgewebecylinder im Wasser betheiligen; es fragt sich, ob bei der stattfindenden Dehnung der Zellwände die Elasticitätsgrenze überschritten wird und welche Rolle dem Wachsthum zugeschrieben werden muss, von anderen Momenten einstweilen abgesehen. Ueber diese Punkte giebt eine nach der Verlängerung der Gewebecylinder vorgenommene Plasmolyse ziemlich genaue Auskunft. Hat Wachsthum oder eine Dehnung über die Elasticitätsgrenze stattgefunden, so können die Gewebecylinder in der Plasmolyse natürlich nicht mehr auf ihre Anfangslänge zurückgehen. Diese wird in der That in keinem Falle wieder erreicht, sobald man die Cylinder einige Stunden im Wasser verweilen lässt, dessen Temperatur Wachsthum gestattet. Wählt man beispielsweise zu einem Versuch 100 mm lange Gewebecylinder, die sich unmittelbar nach ihrer Isolirung in der Plasmolyse auf 90 mm verkürzen, so gehen dieselben nach einem längeren Aufenthalt in Wasser, der Plasmolyse unterworfen, nur noch auf die Länge von ca. 100 mm zurück, ein sicherer Beweis, dass 10 mm der im Wasser stattgefundenen Verlängerung auf Wachsthum oder auf einer Dehnung der Wände über die Elasticitätsgrenze beruhen.

Das Wachsthum lässt sich nun in sehr einfacher Weise dadurch ausschliessen, dass man die frei präparirten Markcylinder in Wasser von 0—5° C. bringt. Auch unter diesen Umständen zeigen die Gewebecylinder eine ganz beträchtliche Verlängerung, allein sie gehen, bald der Plasmolyse unterworfen, genau auf die Länge zurück, die sie in einer gleich nach ihrer Isolirung vorgenommenen Plasmolyse annehmen. Daraus lässt sich die sichere Folgerung ziehen, dass an der Verlängerung der Cylinder in Wasser von 0—5° C. weder eine Dehnung der Membranen über die Elasticitätsgrenze, noch Wachsthum betheiligt ist.

Bringt man nun von zwei gleich langen und individuell möglichst gleichartigen *Helianthus*-Markcylindern den einen in Wasser von 0—5° C., den anderen in Wasser von 20—25° C., so findet in letzterem Falle pro Zeiteinheit eine viel stärkere Längenzunahme statt als im ersteren. Im Beginn meiner Versuche, wo es sich um die Entscheidung ganz anderer Fragen handelte, führte ich diese Ungleichheiten in der Längenzunahme auf Wachsthumsdifferenzen zurück, bis mich genauere Versuche eines Besseren

belehrten. Dass im Wasser von 0—5° C. jedes Wachsthum sistirt ist, wurde soeben bereits hervorgehoben. Auch die im Wasser von 20—25° C. befindlichen Cylinder nehmen in der Plasmolyse wieder ihre ursprüngliche Länge an, wenn man den Aufenthalt in dem fraglichen Wasser auf 10—20 Minuten beschränkt; es können daher die während dieser Zeit beobachteten Differenzen in der Längenzunahme der Cylinder nicht auf Ungleichheiten in der Zuwachsgrösse zurückgeführt werden.

Man kann hier aber geltend machen, dass in den Gewebecylindern während ihres Aufenthaltes in Wasser von 20—25° C. eine Neubildung und damit eine Vermehrung der osmotisch wirksamen Substanzen stattfindet, während diese in dem kalten Wasser unterbleibt. Nun lässt sich zwar zeigen, dass auch dieser Factor während eines Zeitraumes von 10—20 Minuten keine irgendwie in's Gewicht fallende Rolle spielt; um jedoch von vornherein weitläufige Erörterungen zu vermeiden, will ich zunächst eine Reihe von Versuchen mittheilen, in denen alle Verhältnisse dieselben sind, bis auf die Temperatur. Zu diesem Zwecke wurde eine Anzahl frei präparirter Gewebecylinder durch einen mehrstündigen Aufenthalt in Wasser von gleicher Temperatur in einen hohen Grad von Turgescenz versetzt; sodann wurde ein Theil dieser Cylinder in eine wasserentziehende Lösung von 0—5° C., ein anderer Theil in eine eben solche, gleich concentrirte Lösung von 20—25° C. gebracht. Will man in diesen Versuchen die aus der Individualität der einzelnen Pflanzen entspringenden Fehler vermeiden, so empfiehlt es sich, die turgescenten Gewebecylinder zu halbiren und die eine Hälfte in die kalte, die andere in die wärmere Lösung zu bringen. Es leuchtet ein, dass unter diesen Umständen alle Factoren dieselben sind bis auf die Temperatur. Die beiden Cylinderhälften besitzen gleiche Länge und gleiche Turgescenz, und da in jedem Versuch auch die Concentration der angewandten plasmolysirenden Lösung dieselbe ist, so muss auch die Kraft, mit welcher diese bei verschiedener Temperatur wasserentziehend wirkt, dieselbe sein. Daher müssen die beobachteten Differenzen in der Schnelligkeit der Contraction in den ungleich temperirten Lösungen ausschliesslich der ungleichen Wirkung der verschiedenen Temperatur zugeschrieben werden.

Die Lösungen, durch welche den turgescenten Zellen Wasser entzogen werden soll, müssen vor Allem zwei Eigenschaften besitzen; sie dürfen während der Versuchsdauer nicht, wenigstens nicht in erheblichem Maasse, auf dem Wege der Endosmose in die Zellen eindringen und auf die letzteren keine schädigende Wirkung ausüben. Beide Bedingungen werden in fast idealer Weise vom Rohrzucker erfüllt. In ziemlich concentrirten Zuckerlösungen plasmolysirte Zellen lassen in Folge dieser Behandlung keinerlei Schädigung erkennen; bringt man die völlig erschlafften, turgorlosen Gewebecylinder wiederum in reines Wasser zurück, so stellt sich nicht nur der frühere Turgescenzzustand wieder ein, sondern es zeigen auch alle Lebenserscheinungen, wie Wachsthum u. s. w., den normalen Verlauf. Ich habe den Rohrzucker in dieser Hinsicht bis zu einer Concentration von 50 % geprüft, obgleich die zu den Versuchen benutzten Lösungen niemals diesen Gehalt erreichten. Lösungen von Kochsalz und Kalisalpeter sind für die vorliegenden Zwecke absolut unbrauchbar, da sie nach meinen Erfahrungen schon in einer Concentration von 2—3 % eine schädliche Wirkung ausüben und in den meisten Fällen sogar innerhalb kurzer Zeit den Tod der Zellen herbeiführen, ein Punkt, auf den ich später noch zurückkommen werde.

Da die Gewebecylinder in grosse Präparatengläser mit fast 1 l Inhalt gelegt wurden, so kann die durch die Wasserabgabe der Zellen bedingte Verdünnung der Lösung gleich Null gesetzt werden. Um die Lösungen auf eine niedrige Temperatur zu bringen, wurden die Präparatengläser in grossen Gefässen mit Eiswasser umgeben, dessen Temperatur fortwährend controlirt und durch zeitweise Zufügung von Eis und Kochsalz möglichst constant gehalten wurde. Wo ich im Folgenden die wasserentziehende Kraft der benutzten Lösungen in Atmosphären angebe, ist die Pfeffer'sche Zahl zu Grunde gelegt, wonach eine 1 procentige Rohrzuckerlösung eine osmotische Kraft von 0,67 Atmosphären entwickelt.

2. Versuche mit jugendlichem Markgewebe von *Helianthus annuus*.

Versuche in Zuckerlösung.

Tabelle No. 1. 24procentige Rohrzuckerlösung.

	0—1° C. a	20° C. a'
11 h V.	180,5 mm	180,5 mm
1 h 15' N.	176,5 „	147 „
3 h 45' „	172 „	143 „
6 h „	168 „	141,5 „
6 h 45' „	166 „	—
7 h 45' „	158 „	—
8 h 10' „	152 „	141,5 „
8 h 40' „	148 „	—
9 h 10' „	146,5 „	—
8 h am nächsten Morgen	145 „	141,5 „

Die schliesslich noch mit 12 % Kochsalzlösung vorgenommene Plasmolyse ergiebt eine Länge von 141,5 mm. Danach ist die Plasmolyse von a' bei 20° C. der Rohrzuckerlösung in der Zeit von 4—6 h eingetreten, während sich um diese Zeit (6 h) a in derselben Zuckerlösung von 0—1° C. erst bis auf 168 mm contrahirt hatte. Um 6 h wurde das Glasgefäss mit der Zuckerlösung von 0—1° C. in Wasser von 15° C. gestellt; die Temperatur der Zuckerlösung wurde dadurch allmählich gesteigert und damit auch die Ausflussgeschwindigkeit des Wassers aus den Zellen, wie an der beschleunigten Contraction von a zu sehen ist.

Tabelle No. 2. 20procentige Rohrzuckerlösung.

	0—1° C. a	20° C. a'
11 h V.	180 mm	180 mm
1 h 15' N.	172 „	148 „
3 h 30' „	158 „	143,5 „
5 h 45' „	150 „	141,5 „
8 h 30' „	146,5 „	141,5 „
8 h 30' am nächsten Morgen	144,5 „	141,5 „

Eine nach Abschluss des Versuches mit 12 % Kochsalzlösung vorgenommene Plasmolyse ergiebt eine Länge von 141,5 mm. Danach muss die Plasmolyse von a' in der Zuckerlösung von 20° C. in der Zeit von 3 h 30' bis 5 h 45' eingetreten sein; während bei der anderen Cylinderhälfte a in derselben Zuckerlösung von 0—1° C. selbst am anderen Morgen um 8 h 30' die völlige Plasmolyse noch nicht eingetreten ist.

Tabelle No. 3. 20procentige Zuckerlösung.

	0—1° C. a	20° C. a'
11 h V.	186 mm	186 mm
1 h 15' N.	182,5 „	157 „
3 h 45' „	177,5 „	144,5 „
6 h „	175 „	141 „
8 h 30' „	168 „	141 „
8 h 30' am nächsten Morgen	154 „	141 „

Die schliesslich zur Controle mit 12% Kochsalzlösung vorgenommene Plasmolyse ergab für a eine Länge von 141,5 und für a' eine Länge von 141 mm. Bei a' muss demnach die Plasmolyse durch die Zuckerlösung in der Zeit von 4—6 h eingetreten sein, während sich a um diese Zeit (6 h) erst auf 175 mm contrahirt hatte.

Tabelle No. 4. 16procentige Rohrzuckerlösung.

	0—1° C. a	20° C. a'
11 h V.	180 mm	180 mm
1 h 15' N.	176,5 „	149 „
3 h 30' „	175,5 „	145 „
5 h 45' „	175 „	144 „
8 h 30' „	173,5 „	142,5 „
8 h 30' am nächsten Morgen	172 „	142,5 „

Die schliesslich mit 12% Kochsalz vorgenommene Plasmolyse ergab für a' eine Länge von 142,5 mm und für a eine solche von 142 mm.

Die 16procentige Rohrzuckerlösung von 0—1° C. hat während 12 Stunden von 8 h 30' Abends bis 8 h 30' am nächsten Morgen nur eine Contraction von 1,5 mm bewirkt, also pro Stunde = 0,12 mm. Unter der Annahme, dass die Contraction bis zur völligen Aufhebung des Turgors in diesem Tempo fortgeschritten sein würde, hätte man mindestens 10—11 Tage auf den Eintritt der Plasmolyse warten müssen. Nun aber ist es zweifellos, dass eine Verlangsamung der Contraction bei weiterer Fortsetzung des Versuches noch mehr eingetreten sein würde und die Verkürzung wahrscheinlich vor dem Eintritt der Plasmolyse zum Stillstand gekommen sein würde. Wir kommen auf diese wichtige Thatsache später noch zurück. Ich erinnere hier nur daran, dass bei a', der einen Hälfte desselben Gewebecylinders, in derselben Zuckerlösung von 20° C. die Plasmolyse innerhalb verhältnissmässig kurzer Zeit eingetreten ist.

In der Tabelle No. 6 ergiebt sich für die letzten 12 Versuchsstunden eine Contraction von kaum 0,1 mm und in Tabelle No. 7 eine solche von 0,5 mm pro Stunde. Danach würde für den Gewebecylinder in Tabelle No. 6 zur Herbeiführung der völligen Plasmolyse in der Zuckerlösung von 0—1° C. ein Zeitraum von 140 Stunden

und für den in Tabelle No. 7 ein solcher von 30 Stunden erforderlich gewesen sein, vorausgesetzt, dass sich die Contraction nicht noch mehr verlangsamt hätte. Es ist sicher, dass bei Anwendung von 12—20procentiger Zuckerlösung von 0—1° C. die osmotische Wasserbewegung still steht, bevor die Plasmolyse eingetreten ist.

Tabelle No. 5. 12procentige Rohrzuckerlösung.

	0—1° C. a	20° C. b
10 h 30' V.	141,5 mm	141,5 mm
11 h 30' „	139,5 „	135,5 „
1 h 30' N.	137,5 „	130 „
3 h 15' „	136,5 „	125 „
5 h 45' „	134,5 „	121 „
8 h „	133 „	119 „
8 h am nächsten Morgen	130 „	118 „

Die schliesslich mit 12procentiger Kochsalzlösung vorgenommene Plasmolyse ergab für a und b eine Länge von 114 mm. a und b sind nicht die beiden Hälften eines Gewebecylinders, gehören vielmehr zwei verschiedenen, aber individuell möglichst gleichartigen Pflanzen an. Sie entstammen beide der jüngsten, lebhaft wachsenden Stengelregion.

Tabelle No. 6.
16procentige Zuckerlösung.

	0—1° C.
11 h V.	162 mm
1 h N.	160 „
6 h „	159 „
8 h 30' „	157,5 „
8 h 30' am nächsten Morgen	156,5 „

Die schliessliche Plasmolyse in 12-procentiger Kochsalzlösung ergab eine Länge von 142 mm.

Tabelle No. 7.
16procentige Zuckerlösung.

	0—1° C.
10 h 30' V.	146,5 mm
11 h 30' „	143,5 „
1 h 30' N.	141 „
3 h 15' „	140 „
6 h „	138 „
8 h am nächsten Morgen	131 „

Die schliessliche Plasmolyse in 12-procentiger Kochsalzlösung ergab eine Länge von 116 mm.

Die vorstehenden Tabellen bedürfen zu ihrem Verständniss kaum einer besonderen Erläuterung. Die Concentration der Lösung findet sich an der Spitze jeder Tabelle verzeichnet. In der ersten senkrechten Columne sind die Zeiten vermerkt, zu welchen jedes Mal eine neue Messung ausgeführt wurde, während

aus den Columnen 2 und 3 der Verlauf der Contraction bei verschiedener Temperatur zu ersehen ist. Nach Beendigung eines Versuches wurde durch einen längeren Aufenthalt der Gewebecylinder in einer 12procentigen Kochsalzlösung die absolut sichere Plasmolyse herbeigeführt, um dadurch über die im Beginn der Versuche vorhandene Grösse der elastischen Zellwanddehnung Aufschluss zu bekommen. Die Gewebecylinder der vier ersten Tabellen besassen nach ihrer Befreiung aus dem Gewebeverbande eine Länge von 150 mm; sie verlängerten sich hierauf während eines 4stündigen Aufenthaltes in Wasser auf 180 bis 186 mm und verkürzten sich in der Plasmolyse auf ca. 142 mm. Die fraglichen Cylinder waren daher zu Beginn des Versuches durch die beträchtliche elastische Dehnung (in der Längsrichtung) von 38—44 mm ausgezeichnet, ein Umstand, der sie für vorliegende Zwecke überaus geeignet machte. In den vier ersten Tabellen sind a und a' die beiden Hälften eines und desselben Cylinders, während a und b in Tabelle No. 5 zwei verschiedenen, aber individuell möglichst gleichartigen Pflanzen entnommen wurden.

Ein flüchtiger Blick auf die mitgetheilten Tabellen genügt, um an der grossen Differenz in der Contractionsgrösse der beiden Cylinderhälften a und a' den hervorragenden Einfluss der Temperatur auf die Geschwindigkeit der osmotischen Wasserbewegung deutlich zu erkennen; es ist vor Allem das erste Zeitintervall, welches dieses Moment besonders klar hervortreten lässt. Während sich die Cylinderhälfte a in Tabelle No. 1 von 11—1 h bei 1° C. von 180,5 mm auf 176,5 mm verkürzte, hat sich a' in der gleich concentrirten Zuckerlösung von 20° C. auf 147 mm contrahirt; die Contractionen der beiden Cylinderhälften verhalten sich demnach zu einander wie 4 : 33,5. Dieselbe Zuckerlösung resp. dieselbe wasserentziehende Kraft hat bei 20° C. eine ca. 8mal grössere Wassermenge geliefert als bei 1° C.; oder, was ja dasselbe ist, die Geschwindigkeit der osmotischen Wasserbewegung hat im vorliegenden Falle durch eine Erhöhung der Temperatur von 0° auf 20° C. eine Steigerung um das Achtfache erfahren.

Aehnlich liegen die Verhältnisse in den Tabellen No. 2 u. 3, in denen es sich um eine 20procentige Zuckerlösung handelt.

In Tabelle No. 2 hat sich a von 11—1 h von 180 mm auf 172 mm contrahirt, während a' bei 20° C. auf 148 mm zurückgegangen ist. Hier beträgt also in der gleich concentrirten Zuckerlösung die Contractionsgrösse bei 20° C. das Vierfache von derjenigen bei 1° C. Bedeutender sind die diesbezüglichen Differenzen in Tabelle No. 3; wie man sieht, stehen hier die Contractionsgrössen des ersten Zeitintervalls in einem Verhältniss zu einander wie 3,5 : 29. Die 20procentige Zuckerlösung hat demnach den Zellen bei 20° C. eine etwa 8mal grössere Wassermenge entzogen als bei 1° C. In einem ähnlichen Verhältniss stehen die Contractionen von a und a' in Tabelle No. 4 zu einander.

Bei Verwerthung der mitgetheilten Zahlen ist eine Fehlerquelle zu berücksichtigen, die ich bisher nicht völlig vermeiden konnte. Die beobachteten Contractionen würden im streng physikalischen Sinne den Einfluss der Temperatur jedes Mal nur dann genau angeben, wenn die beiden Cylinderhälften nicht nur betreffs ihrer Länge und des Turgescenzzustandes, sondern auch in der Dicke genau übereinstimmten. Das Letztere ist aber trotz grösster Vorsicht bei der Halbirung in keinem Versuche vollständig erreichbar. Der hieraus entspringende Fehler ist jedoch von ganz untergeordneter Bedeutung, weil derselbe kein einseitiger ist. In Folge der ungleichen Dicke der beiden Cylinderhälften müssen die Contractionen die Differenz in der Geschwindigkeit der Wasserbewegung bald zu gross, bald zu klein erscheinen lassen. Zieht man daher das Mittel aus einer Anzahl Versuche, so muss man der Wirklichkeit ziemlich nahe kommen.

Dem gegenüber bedarf es hier wohl keiner weiteren Begründung mehr, dass zur Erklärung der mitgetheilten Ergebnisse Differenzen im Wachsthum, in der Dehnbarkeit der Zellwände, in der Neubildung von osmotisch wirksamen Substanzen u. s. w. nicht in Frage kommen können. Wie nachher noch im Einzelnen gezeigt werden soll, kommen die weitgehenden Aenderungen in der Geschwindigkeit der osmotischen Wasserbewegung in Folge von Temperaturschwankungen dadurch zu Stande, dass der Plasmaschlauch unter dem Einfluss verschiedener Temperaturen seine Qualität ändert. Unter der Einwirkung der gleichen osmotischen Saugkraft lässt der Plasmaschlauch bei 20° C. in der

Zeiteinheit eine weit grössere Wassermenge passiren als bei 1° C. Nach den bereits besprochenen und nachher noch mitzutheilenden Versuchen dürfen wir für die *Helianthus*-Markzellen annehmen, dass die Geschwindigkeit der osmotischen Wasserbewegung durch eine Temperaturerhöhung von 0° auf 20° C. zum Mindesten eine 3—5fache Steigerung erfährt.

Bei einer Betrachtung der in den Tabellen aufgeführten Zahlenwerthe fällt es vielleicht im ersten Moment auf, dass nur die Contraction im ersten Zeitintervall die Differenz in der Geschwindigkeit der osmotischen Wasserbewegung bei 0° und 20° C. klar hervortreten lässt. Ein Vergleich der weiteren Messungen ergiebt in der Regel eine viel geringere Differenz, wenn sie nicht sogar völlig verschwindet. Wie wir sehen, beträgt in der Tabelle No. 1 die Ausflussmenge des Wassers von 11—1 h bei 20° C. ungefähr das Achtfache von derjenigen bei 1° C. Während der Zeit von 1 h 15′ bis 3 h 45′ dagegen zeigen a und a′ nahezu dieselbe Contraction, denn a hat sich um 4,5 mm, a′ um 4 mm verkürzt. Aehnlich liegen die diesbezüglichen Verhältnisse für die späteren Zeitintervalle in den Tabellen No. 3, 4 und 5.

Der Widerspruch, der hier für den ersten Blick vorliegt, ist jedoch nur ein scheinbarer. Da vielleicht nicht Jeder die in Frage kommenden Verhältnisse, so einfach sie auch sein mögen, sofort klar überschaut, werden ein paar erläuternde Bemerkungen nicht ganz überflüssig sein. Die Gewebecylinder der vier ersten Tabellen sind, wie bereits hervorgehoben, im turgescenten Zustande um etwa 40 mm gedehnt und zwar nach unseren Versuchen innerhalb der Elasticitätsgrenze; zwischen dem hydrostatischen Druck des Zellinhaltes und der Dehnung der Zellwände besteht demnach Proportionalität. Nehmen wir die osmotische Kraft des Zellinhaltes zu 10 Atmosphären an, so kommt auf eine Atmosphäre eine Dehnung von 4 mm.

Versetzt man nun die turgescenten Gewebecylinder durch eine hinreichend concentrirte Zuckerlösung in den völlig turgorlosen Zustand und legt sie darauf in reines Wasser, so suchen die Zellen im ersten Augenblick mit der vollen Kraft von 10 Atmosphären Wasser in das Innere aufzunehmen. Diese wasserbewegende Kraft wird aber um so geringer, je mehr die Ausdehnung der Cylinder zunimmt, denn damit entwickelt sich in

den Zellen ein hydrostatischer Druck, der Wasser in entgegengesetzter Richtung aus der Zelle zu bewegen sucht. Dieser der osmotischen Kraft des Zellinhaltes entgegenwirkende Filtrationsdruck beträgt 1 Atmosphäre bei einer Ausdehnung der Cylinder um 4 mm, 2 Atmosphären bei 8 mm Dehnung u. s. w.

Bezeichnet man die osmotische Kraft der Zellen mit x, den Filtrationsdruck mit y, so beträgt x im turgorlosen Zustande der Cylinder 10 Atmosphären, weil y in diesem Falle = 0 ist. Bei einer Ausdehnung der Cylinder um 4 mm ist y = 1 Atmosphäre; x daher = 10 — y = 9 Atmosphären. In dem Maasse also als y zunimmt, wird die Kraft, die Wasser in die Zellen treibt, kleiner, sie wird Null, sobald y den Werth von 10 Atmosphären erreicht.

Fast genau dieselben Verhältnisse kommen in Frage, wenn man völlig turgescente Gewebecylinder in eine Zuckerlösung bringt. Im ersten Augenblick entzieht diese den Zellen mit ihrer vollen osmotischen Kraft Wasser; in dem Maasse aber, als die Contraction der Cylinder zunimmt, muss die wasserentziehende Kraft der Zuckerlösung abnehmen. Denn durch die mit der Contraction verbundene Spannungsabnahme der Zellwände wird ein Theil der osmotischen Kraft des Zellinhaltes frei, der nun als osmotische Gegenwirkung der wasserentziehenden Zuckerlösung gegenüber zur Geltung kommt. Haben wir beispielsweise eine Zuckerlösung mit einer osmotischen Kraft von 10 Atmosphären, so kann dieselbe nur noch mit 9 Atmosphären wasserentziehend wirken, sobald die osmotische Gegenwirkung des Zellinhaltes 1 Atmosphäre beträgt, was der Fall ist, wenn sich die Cylinder um 4 mm contrahirt haben.

Hiernach sind die in den Tabellen mitgetheilten Zahlenwerthe ohne Weiteres verständlich. Nur in dem ersten Augenblick sind die Kräfte, die den Zellen bei verschiedener Temperatur Wasser entziehen, von gleicher Grösse; und dieses Verhältniss müsste bestehen bleiben, wenn die Contraction der beiden Cylinderhälften a und a' in gleichem Tempo fortschreiten würde. Da aber die Verkürzung in der wärmeren Zuckerlösung im Beginn der Versuche viel schneller von Statten geht als in der kälteren, so muss dementsprechend die wasserentziehende Kraft dort viel schneller abnehmen als hier.

Zu dem in Tabelle No. 1 mitgetheilten Versuch wurde eine 24procentige Zuckerlösung benutzt, deren osmotische Kraft 16 Atmosphären beträgt. Im Beginn des Versuches, wo die beiden Cylinderhälften noch dieselbe Länge und daher auch die gleiche Turgescenz besitzen, ist die wasserentziehende Kraft in der kalten und warmen Zuckerlösung dieselbe. Diese Verhältnisse haben sich zu Anfang des zweiten Zeitintervalls, um 1 h, folgendermassen gestaltet. In der kalten Zuckerlösung hat die Contraction in der Zeit von 11—1 h 4 mm erreicht; da hiermit die osmotische Gegenwirkung des Zellinhaltes von 0 auf 1 Atmosphäre gestiegen ist, so kann die 24procentige Zuckerlösung nicht mehr mit 16, sondern nur noch mit 15 Atmosphären wasserentziehend wirken.

Wesentlich anders liegen die diesbezüglichen Verhältnisse für die Cylinderhälfte in der Zuckerlösung von 20° C. Da hier die Contraction während des ersten Zeitintervalls 33,5 mm beträgt, so haben wir eine osmotische Gegenwirkung von 8,5 Atmosphären. Die 24procentige Zuckerlösung entzieht daher den Zellen das Wasser nicht mehr mit der Kraft von 16, sondern nur noch mit einer solchen von 16 — 8,5 = 7,5 Atmosphären. Der weitgehende Einfluss der Temperatur auf die Geschwindigkeit der osmotischen Wasserbewegung tritt daher auch in dem zweiten Zeitintervall klar zu Tage. Denn obgleich in dem angeführten Beispiel die Kraft, die den Zellen Wasser entzieht, in der kalten Zuckerlösung doppelt so gross ist als in der warmen Lösung, sind doch die Contractionsgrössen in beiden Fällen nahezu gleich. Nach vorstehenden Erörterungen ist auch einleuchtend, dass der Einfluss der Temperatur auf die Geschwindigkeit der Wasserbewegung (bei 0° und 20° C.) in Wirklichkeit noch ein weit grösserer sein muss, als ihn die für das erste Zeitintervall mitgetheilten Zahlen zum Ausdruck bringen. Die gefundene Differenz würde nur dann der Wirklichkeit genau entsprechen, wenn eben die wasserentziehenden Kräfte bei den verschiedenen Temperaturen in jedem Moment von gleicher Grösse wären.

Zu interessanten Ergebnissen gelangt man, wenn man von dem Verlauf der Contraction im Einzelnen absieht und einfach die Zeiträume miteinander vergleicht, die bei 0° und 20° C. zur

Herbeiführung der völligen Plasmolyse erforderlich sind. Die in den mitgetheilten Versuchen benutzten Zuckerlösungen besitzen eine Concentration von 12, 16, 20 und 24 %. Die gänzliche Aufhebung der elastischen Zellwanddehnung wird natürlich um so schneller erzielt, je concentrirter die angewandte Zuckerlösung ist. Bei einer Temperatur von 20° C. erreicht man mit einer 20—24 procentigen Zuckerlösung die völlige Plasmolyse der Regel nach in 4—6 Stunden, während bei 0° C. dieser Zustand erst viel später, etwa in 24—30 Stunden eintritt. Unter Anwendung einer 12—16 procentigen Zuckerlösung wird jedoch die osmotische Wasserbewegung bei 0° C. derartig verlangsamt, dass es mir in keinem Versuche möglich gewesen ist, den Eintritt der vollständigen Plasmolyse abzuwarten, obgleich die osmotische Kraft der benutzten Zuckerlösungen erheblich grösser war als diejenige des Zellsaftes.

Wie z. B. aus Tabelle No. 4 zu sehen ist, hat die 16 procentige Zuckerlösung von 20° C. zur Herbeiführung der Plasmolyse (142,5 mm) ungefähr acht Stunden gebraucht, während sich in dieser Zeit die in der kalten Zuckerlösung befindliche Cylinderhälfte nur auf 173,5 mm contrahirte. In den folgenden zwölf Stunden, von 8 h 30′ Abends bis 8 h 30′ am anderen Morgen, beträgt die Verkürzung von a nur 1,5 mm, pro Stunde also 0,12 mm. Unter der Annahme, dass die Contraction in demselben Tempo fortgeschritten sein würde, hätte man auf den Eintritt der völligen Plasmolyse mindestens 10—11 Tage warten müssen.

In Tabelle No. 6 und 7 ergaben die letzten zwölf Versuchsstunden eine stündliche Contraction von kaum 0,1 und 0,5 mm. Danach würden für die Cylinderhälfte a in Tabelle No. 6 zur Herbeiführung der völligen Plasmolyse etwa 140 Stunden und für die in Tabelle No. 7 ca. 30 Stunden erforderlich gewesen sein, vorausgesetzt, dass sich bei Fortsetzung der Versuche die osmotische Wasserbewegung nicht mehr verlangsamt haben würde, eine Annahme, die mit der Wirklichkeit offenbar nicht übereinstimmt. Es ist schon nach mitgetheilten Versuchen ziemlich zweifellos, dass unter Anwendung 12—16 procentiger Zuckerlösungen bei 0—5° C. die Contraction schon zum Stillstand kommt, bevor die Plasmolyse eingetreten ist. Wir kommen auf diesen wichtigen Punkt später noch zurück.

Versuche in reinem Wasser.

Nach den mitgetheilten Ergebnissen mit Zuckerlösungen kann ich davon Abstand nehmen, an einer grösseren Versuchsreihe zu demonstriren, wie fast genau dieselben Differenzen in der Geschwindigkeit der osmotischen Wasserbewegung zur Beobachtung gelangen, wenn man Markcylinder entweder direct nach ihrer Befreiung aus dem Gewebeverbande oder erst nach vorheriger Ueberführung in den völlig turgorlosen Zustand in Wasser von verschiedener Temperatur bringt. Dies Verfahren ist insofern einfacher und durchsichtiger als das obige, weil wenigstens im Beginn der Versuche allein die osmotische Kraft des Zellinhaltes zu berücksichtigen ist. Gleichwohl habe ich die Versuche mit Zuckerlösungen vorausgeschickt, weil hier angenommen werden darf, dass die Concentration des Zellsaftes durch Diosmose, Wachsthumsprocesse und Neubildung von osmotisch wirksamen Substanzen keine Aenderung erfährt, eine Annahme, die, wie sofort gezeigt werden soll, für die in reinem Wasser befindlichen Gewebecylinder nicht mehr zutrifft.

Schon im Anfang dieses Capitels wurde in Kürze die Thatsache hervorgehoben, dass junge *Helianthus*-Markcylinder in Wasser von 20—25° C. in derselben Zeit eine weit grössere Längenzunahme zeigen als in Wasser von 0—5° C.; es ist ferner bereits darauf hingewiesen, dass in Wasser von 20—25° C. ein ganz beträchtliches Wachsthum stattfindet, welches in Wasser von einer unter 5° C. gelegenen Temperatur gänzlich sistirt ist. Wie man nun leicht einsieht, kommt dieses Wachsthum in Bezug auf die Feststellung der von den Gewebecylindern aufgenommenen Wassermenge gar nicht in Frage; denn welchen Betrag das fragliche Wachsthum auch immer erreichen mag, sobald wir die Dimensionsänderungen der Gewebecylinder in der Querrichtung vernachlässigen dürfen, giebt uns die Längenzunahme derselben unmittelbar über das bei verschiedener Temperatur aufgenommene Wasserquantum Aufschluss. Das Wachsthum würde in dieser Hinsicht nur zu berücksichtigen sein, wenn dadurch die Dicke der Zellwände erheblich gesteigert oder die Zahl derselben pro Raumeinheit stark vermehrt werden würde, was in Wirklichkeit nicht der Fall ist.

Nun ist aber nicht zu vergessen, dass die aufgenommenen Wassermengen nur dann die Geschwindigkeit der osmotischen Wasserbewegung bei verschiedener Temperatur unmittelbar angeben, wenn die wasserbewegenden Kräfte gleiche Grösse besitzen. Dies ist jedoch, wie schon früher betont, beim Aufenthalt der Gewebecylinder in reinem Wasser nur in den ersten 20—30 Minuten nach Beginn der Versuche der Fall. Es lässt sich experimentell leicht zeigen, dass während des Wachsthums der Turgor der Zellen eine ganz erhebliche Abnahme erfährt. Bringt man von einer Anzahl Gewebecylinder einen Theil durch einen längeren Aufenthalt in Wasser von 0—5° C., den anderen Theil in Wasser von 20—25° C. in den höchstmöglichen Grad der Turgescenz, so ist zur Herbeiführung der Plasmolyse im ersteren Falle eine erheblich höhere Concentration der Lösung erforderlich als im letzteren, ein Beweis, dass die Gewebecylinder während ihres Aufenthaltes in dem höher temperirten Wasser einen grossen Theil ihrer osmotisch wirksamen Substanzen verloren haben. Nach meinen Erfahrungen ist dieser Verlust theils dem Umstande zuzuschreiben, dass bei höherer Temperatur unter Voraussetzung einer längeren Versuchsdauer eine Exosmose der gelösten Zellinhaltsbestandtheile erfolgt, die bei niederer Temperatur — unter 5° C. — aufgehoben ist, weil der Plasmaschlauch dann nur noch für Wasser permeabel ist. Der Hauptsache nach wird jedoch ohne Zweifel die bedeutende Abnahme in der osmotischen Kraft des Zellinhaltes durch den erheblichen Stoffverbrauch verursacht, der beim Wachsthum der Zellwände stattfindet.

Würde mit dem Wachsthum keine Concentrationsabnahme des Zellinhaltes verbunden sein, so müsste unter der Annahme von Intussusception die wasserbewegende Kraft der Zellen höchstwahrscheinlich eine Steigerung erfahren; denn da unter diesen Umständen die Sachs - H. de Vries'sche Annahme nahe liegt, dass durch die Einlagerung neuer Theilchen in die gespannte Zellwand ein Theil der vorhandenen Spannung beseitigt wird, so kann so lange Wasser eintreten, bis der frühere Gleichgewichtszustand wieder hergestellt ist.

Da eine genaue Bestimmung aller hier in Betracht kommenden Factoren zur Zeit unmöglich ist, auch den Rahmen dieser Arbeit weit überschreiten würde, so muss ich mich auf die Con-

statirung der Thatsache beschränken, dass während des W
thums der Gewebecylinder eine erhebliche Abnahme de
motisch wirksamen Substanzen im Zellinhalt eintritt. Dar
die Frage, ob während des Wachsthums in den isolirte
webecylindern auch Neubildung von osmotisch wirksamen
stanzen stattfindet, für die hier zu lösende Aufgabe gegensta
geworden. Denn da der Versuch stets eine Abnahme cons
so ist damit bewiesen, dass durch eine etwaige Neubildun
durch andere Processe herbeigeführte Verlust nicht gedeckt

Da das Wachsthum und die hiermit verbundene Abn
in der osmotischen Kraft des Zellinhaltes erst nach eine
bis ½ stündigen Aufenthalt der Gewebecylinder in Wasse
20—25° C. beginnt, so kommt man in der Beurtheilun
Temperatureinflusses auf die Geschwindigkeit der osmoti
Wasserbewegung der Wirklichkeit am nächsten, wenn ma
für die ersten 10—30 Minuten gefundenen Zahlenwerthe
einander vergleicht. Weitere Erörterungen werden zweckmä
an die nun folgenden Tabellen angeknüpft.

Tabelle No. 8.

	In Wasser von 3—4° C.		In Wasser von 25—30° C.	
	a	b	c	d
12 h 15' N. . . .	134 mm	121,5 mm	135 mm	121
12 h 35' „ . . .	136 „	129 „	146 „	143
12 h 45' „ . . .	140 „	134 „	150 „	145
12 h 55' „ . . .	142 „	137 „	152,5 „	148
1 h 05' „ . . .	143 „	138 „	154 „	150
1 h 15' „ . . .	144 „	139 „	155 „	151,5
1 h 30' „ . . .	144,5 „	140 „	156 „	153

Die Markgewebecylinder der vorstehenden Tabelle wurden nach ihr
freiung aus dem Gewebeverbande zunächst durch eine 30 procentige Zucke
in den völlig plasmolysirten Zustand versetzt und hierauf theils in Wass
25—30° C., theils in Wasser von 3—4° C. gebracht. Für die vorstehende
sind vier Cylinder gewählt, von denen je zwei (a und c) und (b und d)
gleiche Anfangslängen besitzen. Während des ersten Zeitintervalls, von 1
bis 12 h 35' ergiebt die Messung für c eine Längenzunahme von 11 mm un
eine solche von 2 mm. Danach ist die Verlängerung bei einer Temperat
25—30° C. 5—6 mal grösser als bei 3—4° C.; dieselben Differenzen müssen
lich in der Geschwindigkeit der osmotischen Wasserbewegung bestehen. Ve
man d und b miteinander, so stehen hier die Längenzunahmen im Verh
von 22 : 7,5 = 3 : 1.

Tabelle No. 9.

	In Wasser von 3—4° C.			In Wasser von 26° C.		
	a	b	c	a'	b'	c'
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
6 h 25' N.	150	149	150	150	149	150
6 h 40' „	151	152,5	153,5	159	158,5	159,5
7 h 10' „	153,5	154,5	156	—	—	—
7 h 40' „	154,5	156,5	158,5	—	—	—
7 h 50' „	156	158	158,5	170,5	169	171

Die Gewebecylinder der vorstehenden Tabelle wurden unmittelbar nach ihrer Isolirung aus dem Gewebeverbande, ohne vorher in den völlig turgorlosen Zustand versetzt zu sein, zu den Versuchen benutzt. (a, a'), (b, b'), (c, c') sind natürlich die beiden Hälften eines Cylinders; individuelle Abweichungen sind damit auf ein äusserst geringes Maass reducirt. Für die in Wasser von 26° C. gebrachten Gewebehälften habe ich nur die Messung nach einem Aufenthalt in Wasser von 15 Minuten angeführt, weil die späteren Messungen insofern nicht zum Vergleich herangezogen werden können, als inzwischen Wachsthum stattgefunden hat.

Tabelle No. 10.

	In Wasser von 3—4° C.				In Wasser von 26° C.			
	a	b	c	d	a'	b'	c'	d'
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
5 h 15' N. . . .	148	149	150	150	148	149	150	150
5 h 25' „ . . .	154,5	152,5	156,5	154	167	161,5	170	165
5 h 40' „ . . .	157	155	160	157	171,5	166	175	169
6 h „ . . .	160	157,5	162	159	176,5	170	181	175
6 h 20' „ . . .	161,5	159	166,5	162	182	174,5	186	179
Nach der Plasmolyse	ca. 136 mm				ca. 146 mm.			

Die Gewebecylinder dieser Tabelle wurden unmittelbar nach ihrer Isolirung aus dem Gewebeverbande zu den Versuchen benutzt; a, a' u. s. w. repräsentiren die beiden Hälften eines Cylinders.

Zu dem in Tabelle No. 8 aufgeführten Versuch kamen ganze Cylinder zur Verwendung, sie waren zu dünn, um sie halbiren zu können. In Tabelle No. 9 und 10 sind selbstverständlich a, a', b, b' u. s. w. die beiden Hälften eines und desselben Cylinders. Die Gewebecylinder von Tabelle No. 8 wurden vor ihrer Verwendung durch einen mehrstündigen Aufenthalt in 30procentiger

Zuckerlösung von 14° C. völlig plasmolysirt, während die Markcylinder von Tabelle No. 9 und 10 unmittelbar nach ihrer Isolirung aus dem Gewebeverband nach ihrer Halbirung in Wasser von verschiedener Temperatur gebracht wurden. Dass dies ungleiche Verfahren das Ergebniss nicht ändern kann, bedarf wohl kaum noch bemerkt zu werden. Denn es kommt ja nur darauf an, dass im Beginn eines Versuches die wasserbewegenden Kräfte bei verschiedener Temperatur dieselben sind, und das ist der Fall, wenn die beiden Gewebecylinder sich im gleichen Turgescenzzustande befinden.

In Uebereinstimmung mit den Versuchen in Zuckerlösungen bringen auch die Zahlenwerthe der vorstehenden Tabellen den grossen Einfluss der Temperatur auf die Geschwindigkeit der osmotischen Wasserbewegung deutlich zum Ausdruck. Für das erste Zeitintervall stehen in Tabelle No. 8 die bei 4° C. einerseits und bei 25—30° C. andererseits aufgenommenen Wasservolumina in folgendem Verhältniss zu einander:

conf. Tabelle No. 8.

a : c =	1 : 5,5
b : d =	1 : 3,0
Mittel =	1 : 4,25.

Nach diesen Ziffern erfährt die Geschwindigkeit der osmotischen Wasserbewegung durch eine Temperaturerhöhung von 4° C. auf 25—30° C. eine 4,25fache Steigerung. In den Tabellen No. 9 und 10 liegen die diesbezüglichen Verhältnisse für das erste Zeitintervall folgendermassen:

conf. Tabelle No. 9.

a : a' =	1 : 9
b : b' =	1 : 3
c : c' =	1 : 3
Mittel =	ca. 1 : 5.

conf. Tabelle No. 10.

a : a' =	1 : 3
b : b' =	1 : 3,6
c : c' =	1 : 3,1
d : d' =	1 : 3,8
Mittel =	1 : 3,4.

Die grosse Differenz von a und a' (1 : 9) in Tabelle No. 9 entspricht jedenfalls nicht der Wirklichkeit; es kommt hier zweifellos die ungleiche Dicke der beiden Gewebehälften mit in Frage.

Zieht man das Mittel aus sämmtlichen Zahlen der drei vorstehenden Tabellen, so ergiebt sich, dass unter sonst gleichen Verhältnissen die Geschwindigkeit der Wasserbewegung bei 26° C. ca. 4,22 mal grösser ist als bei 4° C. — Ich halte es für überflüssig, hier nochmals die Gründe zu entwickeln, warum die in den mitgetheilten Ziffern zum Ausdruck kommende Differenz hinter der Wirklichkeit zurückbleibt. Wenn auch ein Verlust von osmotisch wirksamen Substanzen während des ersten Zeitintervalls ausgeschlossen ist, so spielt doch, wie früher gezeigt wurde, die ungleiche Längenzunahme der Gewebecylinder bei verschiedener Temperatur eine nicht unwichtige Rolle. Da die Verlängerung der Cylinder bei 26° C. viel schneller von Statten geht als bei 4° C., so muss dementsprechend dort auch die wasserbewegende Kraft schneller abnehmen als hier.

Es scheint mir nicht ohne Interesse zu sein, die zu Anfang der Versuche gefundenen Zahlenwerthe mit denen zu vergleichen, die sich für eine längere Versuchsdauer ergaben, in welcher schon ein beträchtliches Wachsthum stattgefunden hat. Wenn man diese Zahlenwerthe einander gegenüber stellt, so muss der bei 26° C. in Folge von Wachsthum eintretende Verlust an osmotisch wirksamen Substanzen in einer entsprechenden Abnahme der Wasserbewegung deutlich zu Tage treten. Es wird genügen, wenn ich zur Illustration dieses Punktes die aus Tabelle No. 9 und 10 sich ergebenden Zahlen hier anführe. Die Dauer des Versuches in Tabelle No. 9 beträgt ca. 1½ Stunde, in Tabelle No. 10 ca. 1 Stunde. Die von den Cylinderhälften während dieser Zeit bei 4° C. und 26° C. aufgenommene Wasservolumina stehen in folgendem Verhältniss zu einander:

conf. Tabelle No. 9.	conf. Tabelle No. 10.
a : a' = 1 : 3,4	a : a' = 1 : 2,5
b : b' = 1 : 2,2	b : b' = 1 : 2,5
c : c' = 1 : 2,5	c : c' = 1 : 2,2
Mittel = 1 : 2,7.	d : d' = 1 : 2,4
	Mittel = 1 : 2,4.

Wie man sieht, sind die in diesen Zahlen sich zeigenden Differenzen in den von den Cylinderhälften bei verschiedener Temperatur aufgenommenen Wassermengen erheblich geringer

als die für die ersten 10—20 Minuten gefundenen Werthe. Die Ursachen dieser Erscheinung sind bereits oben erörtert. Nur im Beginn der Versuche besitzen bei 4° C. und 26° C. die wasserbewegenden Kräfte die gleiche Grösse; dieses Verhältniss erfährt sehr bald eine Aenderung zu Ungunsten der höheren Temperatur, weil hier die Verlängerung der Cylinderhälften schneller von Statten geht, und das Wachsthum einen erheblichen Verlust an osmotisch wirksamen Substanzen bedingt. In einer nach Abschluss des Versuches in 12procentiger Kochsalzlösung vorgenommenen Plasmolyse verkürzten sich (Tabelle No. 10) die aus dem Wasser von 4° C. stammenden Cylinderhälften auf 136 mm, diejenigen aus dem Wasser von 26° C. auf 146 mm. Da die Cylinderhälften gleiche Anfangslängen besassen, so hat bei 26° C. ein Längenwachsthum von 10 mm stattgefunden.

Nach den mitgetheilten Versuchen ist die Differenz in der Wassermenge, die von jungen *Helianthus*-Markzellen bei verschiedener Temperatur je nach der Art der Versuchsanstellung aufgenommen oder abgegeben wird, eine ganz erhebliche. In den bisherigen Experimenten waren die wasserbewegenden Kräfte im Beginn von gleicher Grösse. Man kann sich nun über den Einfluss der Temperatur auf den Gang der osmotischen Wasserbewegung noch auf einem anderen Wege orientiren, indem man sich die Frage vorlegt, in welchem Verhältniss die wasserbewegenden Kräfte zu einander stehen müssen, um z. B. bei 5° C. und 25° C. dieselbe Ausflussmenge des Wassers zu erzielen. Sind die bisherigen Resultate richtig, so muss die wasserentziehende Kraft, die bei 25° C. zur Wirkung kommt, zum Mindesten um das Drei- bis Vierfache gesteigert werden, um in derselben Zeit bei 5° C. dasselbe Wasserquantum zu liefern. Die Richtigkeit dieser Folgerung lässt sich sehr leicht durch geeignete Experimente nachweisen, am bequemsten und sichersten dadurch, dass man möglichst turgescente Gewebecylinder halbirt und die Hälften in ungleich concentrirte Zuckerlösungen von verschiedener Temperatur bringt. In der folgenden Tabelle handelt es sich um eine 15- und 30procentige Zuckerlösung, die erstere von 26° C., die letztere von 4° C.

Tabelle No. 11.

	15 procentige Zuckerlösung von 26° C.		30 procentige Zuckerlösung von 4° C.	
	a	b	a'	b'
5 h 15' N.	162 mm	160 mm	162,5 mm	161 mm
5 h 35' „	158,5 „	154 „	160,5 „	156,5 „
5 h 50' „	152,5 „	149,5 „	160 „	156 „
6 h 10' „	148 „	144,5 „	157 „	153,5 „
6 h 35' „	145 „	141 „	155 „	151,5 „
7 h 10' „	—	138 „	—	149 „
8 h 10' „	—	135,5 „	—	142,5 „
9 h am nächsten Morgen	—	133 „	—	132 „

Die zu dem vorstehenden Versuche benutzten Markcylinder besassen vor der Befreiung aus dem Gewebeverbande eine Länge von 140 mm; sie wurden darauf durch einen 2 stündigen Aufenthalt in Wasser von 10° C. in einen hohen Grad von Turgescenz gebracht, indem sie sich von 140 auf ca. 162 mm verlängerten. Nach Halbirung der Cylinder wurden nunmehr die einen Hälften in eine 15 procentige Zuckerlösung von 26° C. und gleichzeitig die zugehörigen Hälften in eine 30 procentige Zuckerlösung von 4° C. gebracht.

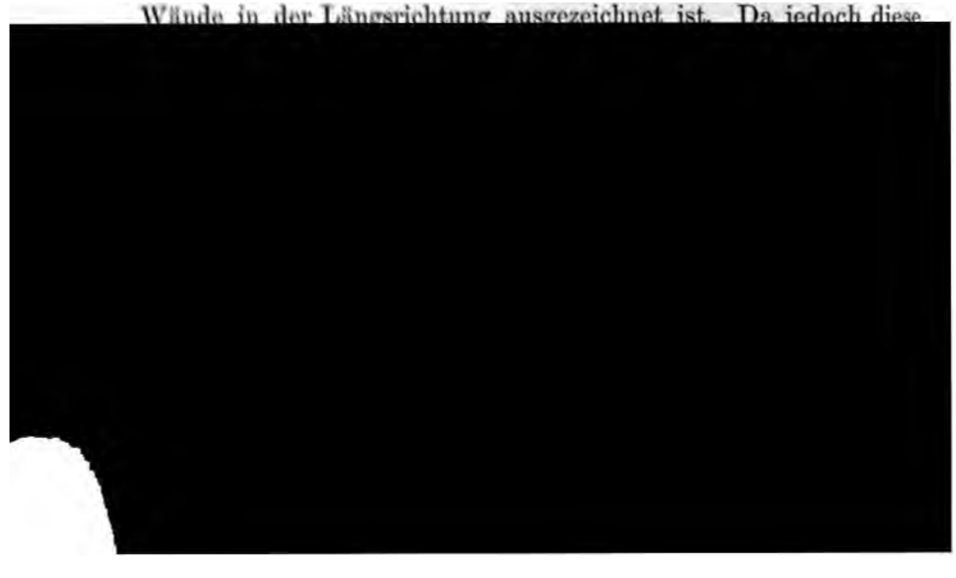
Nach vorstehender Tabelle ist eine 30 procentige Rohrzuckerlösung nicht im Stande, den Zellen bei 4° C. in derselben Zeit so viel Wasser zu entziehen, wie eine 15 procentige Lösung bei 26° C. Für die ersten 20 Minuten (von 5 h 15' bis 5 h 35') hat a in der 15 procentigen Zuckerlösung von 26° C. eine Contraction von 3,5 mm erfahren, während die 30 procentige Lösung bei 4° C. nur eine Verkürzung von 2 mm bewirkt hat. Nimmt man die beiden ersten Messungen zusammen (von 5 h 15' bis 5 h 50'), so ergiebt sich für a (15 % Zucker von 26° C.) eine Verkürzung von 9,5 mm, für a' eine solche von nur 2,5 mm. Verfolgt man den Contractionsgang von b und b', so gelangt man zu ähnlichen Ergebnissen. Hier hat die 15 procentige Zuckerlösung bei 26° C. im ersten Zeitintervall eine Contraction von 6 mm bewirkt, die in der 30 procentigen Lösung von 4° C. nur 4,5 mm beträgt. Die beiden ersten Messungen (von 5 h 15' bis 5 h 50') zusammengenommen ergeben für b eine Verkürzung von 10,5 mm, für b' dagegen eine solche von 5 mm. Unter der Voraussetzung von Proportionalität zwischen Druck und Ausflussmenge muss nach den mitgetheilten Ergebnissen die bei 26° C. wirksame Kraft nicht um das Doppelte, sondern mindestens auf das Drei- bis

Vorgänge erklärt werden, um den *Helianthus*-Markzellen bei 4° C. dieselbe Wassermenge zu entziehen wie bei 24° C. Mit der Erklärung dieser Erscheinung wollen wir uns erst im folgenden Capitel beschäftigen.

3. Untersuchungen an Wurzeln.

Soweit es sich um oberirdische Organe handelt, habe ich die Prüfung der Frage nach dem Temperatureinfluss auf den Gang der osmotischen Wasserbewegung bis jetzt auf Untersuchungen an dem jungen Markgewebe von *Helianthus annuus* beschränken müssen. Es ist mir nicht möglich gewesen, von anderen Pflanzen das zu einer erfolgreichen Behandlung des vorliegenden Gegenstandes erforderliche Material zu erhalten. Dazu kommt noch, dass für den vorliegenden Gegenstand nur Pflanzen mit möglichst homogenen und verhältnissmässig langen Parenchymsträngen brauchbar sind, welch' letztere bei Aufnahme und Abgabe von Wasser nicht unbeträchtliche Dimensionsänderungen zeigen. Nach meinen bisherigen Erfahrungen scheint in dieser Hinsicht *Helianthus* von *Inula Helenium* und *Sambucus nigra* noch übertroffen zu werden; es dürfte daher nicht ohne Werth sein, auch für diese und andere Pflanzen die hier in Frage stehenden Verhältnisse einigermassen klar zu legen.

Was nun die unterirdischen Organe betrifft, so können hier selbstverständlich von vornherein nur junge, noch in lebhaftem Längenwachsthum befindliche Wurzeln resp. Wurzelenden in Frage kommen; nur diese bestehen fast ausschliesslich aus jungem Parenchym, das durch eine nicht unerhebliche elastische Dehnung seiner Wände in der Längsrichtung ausgezeichnet ist. Da jedoch diese



resultirenden Fehler keine irgendwie in's Gewicht fallende Rolle spielen.

Trotz der angedeuteten Schwierigkeiten glaube ich auch an Wurzeln ziemlich zuverlässige Ergebnisse erlangt zu haben. Meine Untersuchungen beschränken sich auf Keimwurzeln von *Vicia Faba* und *Phaseolus multiflorus*, und die hier gewonnenen Zahlenwerthe beweisen deutlich, dass die Temperatur auch bei Wurzeln auf die Geschwindigkeit der osmotischen Wasserbewegung einen bedeutenden Einfluss ausübt. — Wie schon aus obigen Bemerkungen hervorgeht, bin ich zur Feststellung des fraglichen Temperatureinflusses bei Wurzeln nach derselben Methode verfahren wie beim *Helianthus*-Mark. In Sägemehl gezogene Keimwurzeln von *Vicia Faba* und *Phaseolus multiflorus* wurden unterhalb der Kotyledonen durchschnitten und dann einige Stunden in reines Wasser von 14° C. gelegt, um sie dadurch in den höchstmöglichen Grad der Turgescenz zu versetzen. Darauf wurde durch die äusserste kegelförmige Wurzelspitze (den Vegetationspunkt) quer zur Längsachse der Wurzel eine feine Glasnadel geschoben und weiter rückwärts, 50—60 mm entfernt von dieser, eine zweite Glasnadel. In Fällen, wo an demselben Object wiederholte Messungen ausgeführt werden müssen, sind nach meinen Erfahrungen zwei solche Glasnadeln das beste Mittel, um als feste Marken eine bestimmte Strecke an einem Object zu fixiren. Nachdem in jedem Versuch die Entfernung dieser beiden Nadeln für eine grössere Zahl gleichlanger und individuell möglichst gleichartiger Wurzeln bestimmt worden war, wurde ein Theil der Wurzeln in eine Zuckerlösung von 4° C., ein Theil in eine gleich concentrirte Lösung von 26° C. gelegt und hierauf der Gang der Contraction durch successive Messungen verfolgt. Die beiden folgenden Tabellen werden zur Veranschaulichung der gewonnenen Ergebnisse hinreichen.

Zu den Versuchen, über deren Resultate die beiden umstehenden Tabellen No. 12 und 13 orientiren, wurden 16procentige Rohrzuckerlösungen benutzt. Während der ersten 5 Minuten (von 3h 10' bis 3h 15' Tabelle No. 12) beträgt die Contraction von a und b bei 4° C. nur 1 mm; c und d contrahirten sich dagegen in derselben Zeit bei 26° C. um ca. 2,5 mm. Die Ausflussmengen des Wassers stehen daher bei den fraglichen Temperaturen in einem Verhältniss zu einander wie 1 : 2,5. Nimmt

man die beiden ersten Messungen (von 3 h 10′ bis 3 h 30′) zusammen, so ergiebt sich für a und b eine Verkürzung um ca. 2 mm, für c und d eine solche von ca. 4 mm. Diese beiden Contractionen verhalten sich also zu einander wie 1 : 2. Die erst nach einer längeren Versuchsdauer ausgeführten Messungen lassen die Differenz in der Ausflussmenge des Wassers bei 4 und 26 ° C. geringer erscheinen als Messungen, die man bald nach Beginn der Versuche ausführt. Es ist dies dieselbe Erscheinung, die wir bereits in den Untersuchungen an dem Markgewebe von *Helianthus* kennen gelernt haben; da dort auch die Ursachen derselben ausführlich besprochen sind, so ist es nicht nöthig, hier nochmals auf diesen Punkt zurückzukommen.

Tabelle No. 12. *Vicia Faba.*

	16 procentige Zuckerlösung			
	4° C.		26° C.	
	a	b	c	d
3 h 10′ N.	51 mm	51 mm	51,5 mm	50 mm
3 h 15′ „	51 „	50 „	49 „	48 „
3 h 30′ „	49,5 „	49,5 „	47 „	46,5 „
3 h 55′ „	48 „	47,5 „	47 „	46,5 „
4 h 15′ „	48 „	47,5 „	47 „	46,5 „

Nach Beendigung des Versuches wurden die Wurzeln in eine 12 procentige Kochsalzlösung gebracht, in welcher sich a um 1 mm und b um 0,5 mm noch weiter verkürzten, ein Beweis, dass die völlige Plasmolyse in der kalten Zuckerlösung um 4 h 15′ noch nicht eingetreten war.

Tabelle No. 13. *Phaseolus multiflorus.*

	16 procentige Zuckerlösung					
	4—5° C.			26° C.		
	a	b	c	d	e	f
10 h V.	60,5 mm	61 mm	60,5 mm	60,5 mm	60,5 mm	60 mm
10 h 10′ V. . . .	60,5 „	60,5 „	60 „	59 „	58,5 „	58,5 „
10 h 25′ „ . . .	59 „	60 „	59,5 „	57,5 „	57,5 „	56,5 „
10 h 45′ „ . . .	58 „	59,5 „	58,5 „	57,5 „	57 „	56,5 „
11 h 10′ „ . . .	57,5 „	58,5 „	58 „	57 „	57 „	56,5 „
1 h N.	57 „	57,5 „	57,5 „	57 „	57 „	56,5 „

Die in Tabelle No. 13 für *Phaseolus multiflorus* aufgeführten Zahlenwerthe geben fast genau dieselben Verhältnisse wieder, wie die eben besprochene Tabelle No. 12 für *Vica Faba*. Die ersten 10 Minuten des Versuchs (von 10 h bis 10 h 10′) ergeben für a, b und c bei 4° C. eine Verkürzung von 0,5 mm, welche bei d, e und f bei 26° C. 1,5 mm beträgt. Hiernach erfährt die Geschwindigkeit der osmotischen Wasserbewegung durch eine Erhöhung der Temperatur von 4 auf 26° C. eine dreifache Steigerung. Auch in Tabelle No. 13 bekommt man für die fraglichen Temperaturen eine geringere Differenz in der Ausflussmenge des Wassers, wenn man später ausgeführte Messungen miteinander vergleicht. Es kehren also, wie man sieht, bei den Keimwurzeln von *Vicia Faba* und *Phaseolus multiflorus* im Wesentlichen alle Erscheinungen wieder, die bereits in den Untersuchungen über das Markgewebe von *Helianthus* besprochen wurden.

Was die hier befolgte Untersuchungsmethode betrifft, so wurde bereits früher ausdrücklich hervorgehoben, dass dieselbe den thatsächlichen Temperatureinfluss auf die Geschwindigkeit nur dann unmittelbar angiebt, wenn in den Versuchen alle Verhältnisse dieselben sind bis auf die Temperatur; es müssen vor allen Dingen, um dies nochmals zu betonen, die zur Wirkung kommenden, wasserbewegenden Kräfte bei verschiedener Temperatur dieselbe Grösse besitzen. Da dies bei unserer Methode beim *Helianthus*-Markgewebe sowohl wie bei Wurzeln nur im Beginn der Versuche der Fall ist, so können auch nur die ersten, nach kurzer Versuchsdauer ausgeführten Messungen den Temperatureinfluss der Wirklichkeit entsprechend einigermassen genau angeben. Etwaige Abweichungen von der Wirklichkeit sind insofern nebensächlich, weil die beobachtete Differenz in der Ausflussmenge des Wassers den thatsächlichen Einfluss der Temperatur in der Regel zu gering angiebt.

Man kann nun auch ohne successive Bestimmung der Contractionen zu einer ziemlich genauen Kenntniss des hier in Frage stehenden Temperatureinflusses gelangen, wenn man die Zeiten bestimmt, die zur Herbeiführung der definitiven Plasmolyse bei verschiedener Temperatur erforderlich sind. Ist die Concentration der angewandten Zuckerlösungen dieselbe, so müssen diese Zeiten im umgekehrten Verhältniss der Ausflussmengen zu einander

Während der ersten 10 Minuten (von 6 h 20' bis 6 h 30') haben sich nach vorstehender Tabelle No. 14 a, b und c in Wasser von 4° C. um ca. 5 mm verlängert, während die Messung für d, e und f in Wasser von 26° C. eine Ausdehnung von ca. 1,5 mm ergiebt. Danach verhalten sich die von den Wurzeln bei 4° C. und 26° C. aufgenommenen Wassermengen zu einander wie 1:3. Im vorliegenden Falle erhält man ungefähr dasselbe Resultat, wenn man die erst später um 6 h 45' ausgeführten Messungen miteinander vergleicht. Um diese Zeit zeigen a, b und c eine Verlängerung von ca. 1 mm, d, e und f eine solche von ca. 3 mm.

Will man sich bloss von der Thatsache überzeugen, dass der Eintritt des Wassers in die Wurzeln bei 4° C. bedeutend langsamer von Statten geht als bei 26° C., so kann dies in sehr einfacher Weise geschehen. Hält man plasmolysirte Wurzeln an dem hinteren Ende fest und bringt sie freischwebend in horizontale Lage, so krümmen sich die turgorlosen Wurzelenden in Folge ihres Eigengewichtes fast senkrecht nach abwärts. Legt man nun solche Wurzeln in Wasser von 26° und 4° C. und bringt sie nach einiger Zeit in die gleiche horizontale Lage, so krümmen sich die Wurzeln aus dem Wasser von 26° C. gar nicht oder nur noch wenig abwärts, während die Wurzeln aus dem Wasser von 4° C. ihre Enden noch ziemlich schlaff herabhängen lassen.

Schliesslich mögen nach vorstehender Tabelle No. 14 noch in Kürze die Zeiten miteinander verglichen werden, welche die Wurzeln bei verschiedener Temperatur zur Wiedererlangung ihres Turgescenzzustandes gebrauchen. Die Wurzeln in Wasser von 26° C. haben nach den mitgetheilten Messungen ihre frühere Turgescenz zweifellos um 6 h 45', also schon nach 25 Minuten wieder erlangt; bei den in Wasser von 4° C. befindlichen Wurzeln ist dieser Zustand erst gegen 8 h eingetreten. Eine genaue Bestimmung der bei 4° und 26° C. zur Erzielung der Plasmolyse erforderlichen Zeit ist zwar nach vorstehender Tabelle No. 14 nicht möglich, allein soviel ist sicher, dass die fragliche Zeit bei 26° C. etwa 20—25 Minuten, bei 4° C. dagegen mindestens 160 bis 180 Minuten betragen hat. Danach würden sich die zur Erlangung gleicher Ausflussmengen erforderlichen Zeiten für 26° und 4° C. etwa wie 1:7—8 verhalten. Bei einem Vergleich der

hier in Frage stehenden Zeiten gelangt man zu einem viel grösseren Einfluss der Temperatur auf die Geschwindigkeit der osmotischen Wasserbewegung, als wenn man die im Beginn der Versuche beobachteten Contractionsgrössen miteinander vergleicht. Eine Erörterung der Ursachen dieser Erscheinung würde hier zu weit führen; es sei nur noch kurz die Frage aufgeworfen, ob Wurzeln, die man in Wasser mit einer für das Wachsthum günstigen Temperatur in den höchsten Grad der Turgescenz versetzt, dann plasmolysirt und hierauf in Wasser mit einer unter 5° C. gelegenen Temperatur bringt, überhaupt ihren früheren Turgescenzzustand wieder erreichen. Für Wurzeln habe ich diese Frage experimentell nicht eingehend verfolgt; für das jugendliche *Helianthus*-Markgewebe haben jedoch diesbezügliche Versuche, wie wir später sehen werden, zu eigenthümlichen Ergebnissen geführt.

II. Erklärung der mitgetheilten Beobachtungen.

Ich hielt es für zweckmässig, die experimentellen Ergebnisse für sich gesondert darzustellen, um erst hierauf in eine Erörterung der Frage einzutreten, wie die beobachteten Differenzen in der Geschwindigkeit der osmotischen Wasserbewegung bei verschiedener Temperatur zu erklären sind. Es ist bekanntlich eine schon alte physikalische Erfahrung, dass die Beweglichkeit von Flüssigkeiten, vor Allem die Bewegungsgeschwindigkeit durch enge (capillare) Räume in hohem Maasse von der Temperatur abhängig ist. Für Glascapillaren hat Poiseuille den Temperatureinfluss auf die Geschwindigkeit der Wasserbewegung experimentell genau festzustellen versucht und hierbei gefunden, dass bei einer Temperaturerhöhung die Ausflussmenge von 1 auf $1 + 0{,}0336793\,t + 0{,}0002209936\,t^2$ steigt. t bedeutet hier die Temperatur in Graden von Celsius. Soweit es sich um physiologische Fragen handelt, kann man in dem mitgetheilten Temperaturcoëfficienten den Factor $0{,}0002209936\,t^2$ ohne Weiteres vernachlässigen, da derselbe für die hier zu berücksichtigende Temperaturskala physiologisch keinen irgendwie in Betracht kommenden Werth ergiebt. In dem ersten Factor darf man ferner ohne nennenswerthe Fehlerquelle die grosse Reihe der Decimalen ver-

mindern und den Temperaturcoëfficienten auf 0,034 t abrunden. Danach steigt bei Glascapillaren die Ausflussmenge des Wassers unter constantem Druck bei einer Temperaturerhöhung von 0° auf 20° C. von 1 auf $1 + 0{,}034 \times 20 = 1{,}68$.

Das für Glascapillaren gefundene Ergebniss lässt sich selbstverständlich nicht ohne Weiteres auf die Wasserbewegung durch den Plasmaschlauch übertragen; dasselbe gewinnt für unseren Gegenstand erst dadurch Bedeutung, dass es durch Versuche mit Membranen, die schon eher einen Vergleich mit dem Plasmaschlauch zulassen, eine ziemlich weitgehende Bestätigung gefunden hat. So zeigte W. Schmidt in ziemlich ausgedehnten Versuchen mit thierischen Häuten, wie Herzbeutel, Schweinsblase u. s. w., dass hier die Temperatur auf die Geschwindigkeit der Wasserbewegung fast denselben Einfluss ausübt, wie ihn Poiseuille in dem eben mitgetheilten Coëfficienten für Glascapillaren genau formulirt hat. Von grösserer Bedeutung als die nicht ganz einwandsfreien Experimente W. Schmidt's sind die Pfeffer'schen Versuche mit Ferrocyankupfermembranen, denn hier handelt es sich um eine Haut, die physikalisch dem Plasmaschlauch insofern schon ziemlich nahe kommt, als sie beispielsweise wie dieser für verdünnte Rohrzuckerlösungen so gut wie impermeabel ist. Dazu kommt noch der für uns wichtige Umstand, dass Pfeffer in Uebereinstimmung mit unserer Untersuchungsmethode als wasserbewegende Kraft nicht wie Poiseuille directen Druck, sondern die osmotische Kraft der in der Thonzelle befindlichen Zuckerlösung benutzte. Unter Anwendung einer 5procentigen Rohrzuckerlösung hat Pfeffer bei drei verschiedenen Temperaturen die stündliche Steighöhe der Lösung im Manometer bestimmt und hierbei folgende Werthe gefunden:

7,1° C. = 5,9 mm,
17,6° C. = 9,4 „
32,5° C. = 13,3 „

Nach diesen Ziffern steigt die eine Ferrocyankupfermembran passirende Wassermenge unter sonst gleichen Verhältnissen bei einer Temperaturerhöhung von 7,1° C. auf 17,6° C. um 0,6, wenn man die bei 7,1° C. beobachtete Ausflussmenge gleich 1 setzt; pro 1 Grad Temperaturerhöhung ergiebt sich daraus eine Ver-

mehrung der Ausflussmenge um 0,057. Eine Temperaturerhöhung von 7,1° C. auf 32,5° C. steigert nach den Pfeffer'schen Versuchen die Geschwindigkeit der osmotischen Wasserbewegung von 1 auf 2,25, woraus sich pro 1° C. ein Werth von 0,049 berechnet. Eine Temperaturerhöhung von 17,6° C. auf 32,5° C. vermehrt die Ausflussmenge um 0,41, also pro 1° C. = 0,028. Nach diesen drei Versuchen erhalten wir als Temperaturcoëfficienten die Werthe: 0,057, 0,049, 0,028, im Mittel 0,045. Die weitgehende Annäherung dieses Coëfficienten an den von Poiseuille für Glascapillaren festgestellten (0,034) ist ohne Zweifel eine auffallende.

Im Anschluss an die mitgetheilten Versuche hebt Pfeffer in einer Anmerkung hervor, dass die von Poiseuille für Glascapillaren aufgestellte Temperaturformel für Niederschlagsmembranen kaum zutreffen dürfte und ohnehin nur eine mässige Annäherung gebe, „denn nach Meyer's Formel muss die Ausflussmenge für eine gewisse Temperatur ein Maximum erreichen, da die mit η und ϱ bezeichneten Factoren mit der Temperatur nicht in gleichem Verhältniss sich ändern.“ In der fraglichen Formel O. F. Meyer's, deren Mittheilung hier zwecklos sein würde, bedeutet η die Reibung und ϱ die Dichtigkeit der Flüssigkeit, zwei Factoren, die von Poiseuille nicht genügend berücksichtigt wurden. O. F. Meyer hat in erster Linie durch seine Formel die Poiseuille'schen Ergebnisse verallgemeinern wollen, denn die Formel Poiseuille's gilt bekanntlich nur so lange, als man mit der Länge der Capillarröhre nicht unter ein gewisses Maass herabgeht. Die durch O. F. Meyer angebrachten Correcturen können meines Erachtens nur ein physikalisches Interesse beanspruchen, da sie die Poiseuille'schen Resultate innerhalb der für den Physiologen in Betracht kommenden Temperaturscala so gut wie gar nicht ändern.

Inwieweit nun die Resultate Poiseuille's bezüglich des Temperatureinflusses auf die Geschwindigkeit der Wasserbewegung durch Glascapillaren auch auf Niederschlagsmembranen übertragbar sind, kann erst durch weitere eingehende Untersuchungen entschieden werden. Trotz ihrer geringen Zahl möchte ich den Pfeffer'schen Versuchen in dieser Hinsicht eine grössere Bedeutung beilegen, als es der Autor selber zu thun scheint. Bei

der Exactheit der Pfeffer'schen Experimente ist jedenfalls die Annahme gestattet, dass weitere physikalische Untersuchungen über den vorliegenden Gegenstand wenigstens für Ferrocyankupfermembranen einen Temperaturcoëfficienten ergeben werden, der von dem oben berechneten (0,045) nicht erheblich abweicht.

Im Vorstehenden handelt es sich zwar um rein physikalische Dinge, allein die Bedeutung derselben für die hier zu lösenden Fragen scheint mir keiner besonderen Hervorhebung zu bedürfen. Ohne die physikalischen Untersuchungen W. Schmidt's und Pfeffer's würden unsere an lebenden Zellen gewonnenen Ergebnisse in physiologischer Richtung, die uns hier natürlich in erster Linie interessirt, kaum einer Verwerthung fähig sein. Denn es dreht sich hier um die Entscheidung der wichtigen Frage, ob die an lebenden Zellen bei verschiedener Temperatur zu beobachtenden Differenzen in der Geschwindigkeit der Wasserbewegung aus rein physikalischen Verhältnissen, wie bei einer Ferrocyankupfermembran, erklärt werden können, oder ob gleichzeitig auch eine Beeinflussung der osmotischen Wasserbewegung von Seiten des lebenden Protoplasmas angenommen werden muss. So lückenhaft und unvollständig nun auch unsere physikalischen Kenntnisse auf vorliegendem Gebiete sein mögen, so scheinen sie mir doch zur Beantwortung der aufgeworfenen Frage auszureichen.

Vergleicht man die von W. Schmidt für thierische Häute und von Pfeffer für Ferrocyankupfermembranen gefundenen Werthe mit meinen Resultaten an lebenden Zellen, so müssen die ziemlich weitgehenden Differenzen sofort in die Augen springen. Während bei thierischen Häuten und bei Ferrocyankupfermembranen durch eine Temperaturerhöhung von 0° auf 20° C. die Geschwindigkeit der Wasserbewegung eine Steigerung von 1 auf ca. 1,68—1,88 erfährt, ist das diesbezügliche Verhältniss bei jungen Markzellen von *Helianthus* sowie bei Wurzeln von *Phaseolus multiflorus* und *Vicia Faba* selten geringer als 1 : 3. Im Allgemeinen haben unsere Untersuchungen, zumal für das junge *Helianthus*-Markgewebe, einen viel grösseren Temperatureinfluss ergeben, als ihn das Verhältniss von 1 : 3 zum Ausdruck bringt; die bei 0—5° C. und bei 20—25° C. beobachteten Ausflussmengen des Wassers verhalten sich häufig zu einander wie 1 : 5 bis 1 : 8. Nimmt man das Verhältniss von 1 : 5, so übt eine

Temperaturerhöhung von 5° auf 25° C. auf die Geschwindigkeit der osmotischen Wasserbewegung bei jugendlichen Markzellen einen ca. 3—5 mal grösseren Einfluss aus als bei Ferrocyankupfermembranen.

Nach alledem kann es wohl keinem Zweifel unterliegen, dass an den mit Temperaturschwankungen verbundenen Aenderungen in der Geschwindigkeit der osmotischen Wasserbewegung ausser rein physikalischen noch andere Factoren betheiligt sein müssen. Diese liegen in einer bestimmten Reaction des lebenden Plasmas Temperaturschwankungen gegenüber. Es scheint mir nun ein nicht unwichtiges Ergebniss meiner Untersuchungen zu sein, dass sie uns in den Stand setzen, die Art und Weise, wie das Plasma auf Temperaturänderungen reagirt, ziemlich genau angeben zu können. Es handelt sich hier nicht um Constitutionsänderungen des Zellsaftes oder um eine vom Plasma verursachte Vermehrung resp. Verminderung der osmotisch wirksamen Substanzen, sondern die Aenderungen in der Geschwindigkeit der osmotischen Wasserbewegung resultiren ausschliesslich aus einer Qualitätsänderung des Plasmaschlauches. Dieser besitzt die Fähigkeit, unter der Einwirkung von Temperaturschwankungen durch Erweiterung resp. Verkleinerung seiner intermicellaren Räume oder in irgend einer anderen Weise auf den Gang der Diosmose einen weitgehenden Einfluss auszuüben. Wie nachher an der Hand specieller Versuche gezeigt werden soll, kann sich bei Temperaturerniedrigungen die Dichtigkeit des Plasmas bei Vorhandensein zahlreicher Primordialschläuche soweit steigern, dass er für die im Zellsaft gelösten Stoffe vollständig impermeabel wird und auch erst unter der Einwirkung eines verhältnissmässig hohen einseitigen Ueberdruckes Wasser passiren lässt.

Für die Bewegung des Wassers durch Glascapillaren gilt bekanntlich die Poiseuille'sche Formel: Q proportional $\frac{HD^4}{L}$, in welcher Q das in der Zeiteinheit ausfliessende Wasserquantum, H die Druckhöhe, D den Durchmesser und L die Länge des Capillarrohres bedeutet. Ich führe diese Formel hier nur an, um damit den grossen Einfluss der Porenweite auf die Ausflussmenge des Wassers hervorzuheben; die letztere ist unter sonst gleichen Umständen der vierten Potenz des Porendurchmessers

proportional. Wenn sich nun auch, wie schon früher betont, die von Poiseuille an Glascapillaren gewonnenen Ergebnisse nicht ohne Weiteres auf den Primordialschlauch übertragen lassen, so ist doch soviel klar, dass auch hier die Geschwindigkeit der Wasserbewegung in hervorragendem Maasse von der Weite der intermicellaren Räume, durch welche sich das Wasser bewegt, abhängig sein muss.

Nun muss selbstverständlich aus rein physikalischen Gründen eine Temperaturänderung die Porenweite einer Membran beeinflussen, allein diese Aenderung ist bei den hier in Betracht kommenden Temperaturschwankungen eine viel zu geringe, um auf die Geschwindigkeit der Wasserbewegung in nennenswerther Weise einzuwirken. Dazu kommt noch, dass der Einfluss der von der Temperatur bedingten rein physikalischen Aenderung der Porenweite in den von Poiseuille, W. Schmidt und Pfeffer ermittelten Temperaturcoëfficienten bereits enthalten ist. Es ist nun nicht anzunehmen, dass die Temperatur auf die wasserdurchtränkte Plasmahaut eine ganz andere physikalische Wirkung ausübt, als auf irgend welche anderen Membranen, z. B. Ferrocyankupfermembranen.

Die Qualitätsänderungen des Plasmaschlauches in Folge von Temperaturschwankungen sind daher nicht rein physikalischer Natur, sondern sie resultiren zum Theil aus Vorgängen, die von der Lebensthätigkeit des Plasmas abhängen. Die Frage, wie die Aenderung in der Weite der intermicellaren Räume des Plasmaschlauches zu Stande kommt, ist zunächst von geringerer Bedeutung. Der Plasmaschlauch ist eben ein lebendes Gebilde und hat als solches zweifellos die Fähigkeit, unter dem Einfluss von Temperaturschwankungen (durch Contractionen und Expansionen) die Weite seiner Poren selbstthätig zu ändern. Man kann sich auch vorstellen, dass die wasseranziehende Kraft der Plasmatheilchen bei verschiedener Temperatur eine höchst ungleiche ist. Erfährt diese Kraft durch eine Temperaturerniedrigung eine Steigerung, so muss die Weite der intermicellaren Räume und damit auch die Geschwindigkeit der Wasserbewegung abnehmen, weil sich die von den Plasmamicellen unbeweglich festgehaltene Wasserschicht vergrössert.

Um die gewonnene Thatsache über jeden Zweifel sicher zu

stellen, muss ich noch mit einigen Worten auf die im vorausgehenden Capitel besprochenen Ergebnisse zurückkommen. Wir sind von der Annahme ausgegangen, dass während der Versuche mit Zuckerlösungen eine nennenswerthe Exosmose gelöster Zellinhaltsbestandtheile nicht stattfinde. Um die weitgehenden Differenzen in der Ausflussmenge des Wassers bei verschiedener Temperatur zu erklären, könnte man annehmen, dass bei der Temperatur von 20—25° C. ein Austritt gelöster Stoffe aus der Zelle erfolgt, während der Plasmaschlauch bei 0—5° C. nur für Wasser permeabel ist. Dass der Primordialschlauch erst bei höherer Temperatur für gelöste Stoffe permeabel wird (vergl. p. 481), scheint mir für das *Helianthus*-Markgewebe und verschiedene andere Fälle ausser Zweifel zu stehen. Ich glaube in vielen Fällen eine Längenabnahme beobachtet zu haben, nachdem die Markcylinder bei höherer Temperatur (20—25° C.) im Maximum der Turgescenz den stationären Zustand erreicht hatten. Es dürfte diese Erscheinung sich so erklären, dass die osmotische Saugkraft durch Wachsthum und Austritt wasseranziehender Substanzen geringer geworden ist. (Nach dem Aussehen des an dieser Stelle lückenhaften Manuscriptes zu urtheilen, wollte der Verfasser noch nähere Zahlenwerthe anführen. Kolkwitz.)

Legt man frei präparirte Markcylinder in Wasser von 0° bis 5° C., so dauert die Verlängerung so lange an, bis der maximale Turgor erreicht ist. Dieser Zustand erfährt dann aber keinerlei Aenderung, obgleich sich die Gewebecylinder in reinem Wasser befinden und ihr Inhalt unter der Einwirkung hohen osmotischen Druckes steht. Wenn der Primordialschlauch in ganz geringem Maasse für die gelösten Inhaltsbestandtheile permeabel wäre, so ist klar, dass allmählich ein Theil der gelösten Stoffe in das umgebende Wasser übertreten müsste. Dadurch würde die ursprüngliche osmotische Kraft abnehmen und eine Contraction des Markcylinders eintreten, zumal bei der hohen Dehnung der Zellhäute (25—30 %) jede Wasserabgabe sich viel leichter bemerkbar macht. Allein diese Verhältnisse können nichts an dem obigen Ergebniss ändern, wonach das lebende Plasma unter der Einwirkung von Temperaturschwankungen die Geschwindigkeit der osmotischen Wasserbewegung beeinflusst, mag diese mit einem gleichzeitigen Austritt gelöster Stoffe ver-

bunden sein oder nicht. Hier sollte nur kurz hervorgehoben werden, dass eine etwaige Exosmose in der Zeit, die zur Herbeiführung der völligen Plasmolyse in einer 16—24 procentigen Zuckerlösung von 20—25° C. erforderlich ist, keine irgendwie in's Gewicht fallende Rolle spielen kann. Würde während der fraglichen Zeit, die etwa 6—18 Stunden beträgt, eine bemerkenswerthe Menge der im Zellsaft gelösten Stoffe austreten, so könnten die Markgewebecylinder, wenn man sie aus der Zuckerlösung in reines Wasser zurückbringt, nicht wieder auf den früheren Turgescenzzustand zurückkehren. Durch ähnliche Versuche lässt sich sehr leicht beweisen, dass auch Aenderungen in der Dehnbarkeit der Zellwände die hier in Frage stehenden Processe nicht in erheblichem Maasse beeinflussen. Uebrigens müsste man in dieser Hinsicht schon die von vornherein unwahrscheinliche Annahme machen, dass durch eine Temperaturerniedrigung die Dehnbarkeit in einer Zuckerlösung gesteigert, in reinem Wasser dagegen vermindert werde. Würde beispielsweise eine Temperaturerniedrigung die Dehnbarkeit der Zellwände vergrössern, so müssten Markgewebecylinder sofort eine entsprechende Verlängerung zeigen, wenn man sie im turgescenten Zustand aus Wasser von 25—30° C. in solches von 0° bis 5° C. bringt. Wie diese und andere Versuche zeigen, wird die Dehnbarkeit der Zellwände durch die hier in Betracht kommenden Temperaturschwankungen nicht geändert.

Gleiches gilt von der Constitutionsänderung des Zellsaftes in Folge Neubildung osmotisch wirksamer Substanzen. Um jede erhebliche Aenderung in dieser Richtung auszuschliessen, habe ich die mit Zuckerlösungen durchgeführten Versuche in den Vordergrund gestellt. Da bei einer Temperatur von 0—5° C. die Lebensfunctionen (Wachsthum u. s. w.) fast völlig sistirt sind, so ist damit auch die Neubildung osmotischer Substanzen unmöglich gemacht; ob eine solche auch in den Zuckerlösungen von 20—25° C. unterbleibt, will ich unentschieden lassen, da dieser Factor während der Versuchsdauer keine nennenswerthe Bedeutung erlangen kann. Würde übrigens die osmotische Kraft der Markgewebezellen während ihres Aufenthaltes in der warmen Zuckerlösung eine Steigerung erfahren, so müsste der Einfluss der Temperatur auf die Geschwindigkeit der osmotischen Wasser-

bewegung in Wirklichkeit noch viel grösser sein, als ihn die von uns gefundenen Werthe angeben.

Schliesslich mögen hier noch einige Worte über die Lösungen Platz finden, unter deren Einwirkung die Wasserbewegung durch den Plasmaschlauch erfolgt. Da wir es mit lebenden Zellen zu thun haben, so ist selbstverständlich in erster Linie dafür Sorge zu tragen, dass das Plasma während der Versuchsdauer keine Schädigung erfährt. Dieses Ziel ist in allen Versuchen erreicht, in welchen durch die osmotische Kraft der Zellen selber die Wasserbewegung durch den Plasmaschlauch unterhalten wird. Will man jedoch umgekehrt den turgescenten Zellen Wasser entziehen, so kann eine grosse Zahl von Lösungen für die Versuche von vornherein fortfallen. Da der Rohrzucker, wie schon früher betont, die hier gestellten Bedingungen in vollem Maasse erfüllt, so hatte ich keine Veranlassung, eine umfangreiche Prüfung verschiedener Stoffe bezüglich ihrer Einwirkung auf das lebende Plasma in grösserem Umfange vorzunehmen. Nur mit Kochsalz und Kalisalpeter habe ich eine grössere Reihe von Versuchen durchgeführt und hierbei gefunden, dass jene, besonders bei jungen Wurzeln, schon in verhältnissmässig geringer Concentration schädlich auf das Plasma einwirken. Plasmolysirt man beispielsweise *Helianthus*-Markcylinder in einer 3procentigen Lösung von Kalisalpeter, so verharren dieselben beim Zurückbringen in reines Wasser in dem erschlafften Zustande, ein Beweis, dass während des kurzen Aufenthaltes in der Kalisalpeterlösung das Plasma vollständig getödtet wurde. Gleiches gilt von Kochsalzlösungen. Zwar kommt auch bei Anwendung dieser Mittel in schwacher Concentration der Temperatureinfluss auf die Schnelligkeit deutlich zum Ausdruck, aus den eben angeführten Gründen möchte ich jedoch auf die gewonnenen Ergebnisse nicht weiter eingehen.

Nicht ganz unbemerkt mag bleiben, dass ich auch mit chloroformirtem Wasser Versuche anstellte, die jedoch aus Mangel an Untersuchungsmaterial zu keinem definitiven Ergebniss führten. Der Zweck, durch die Chloroformirung nur die Lebensfunctionen vorübergehend zu sistiren, ohne das Protoplasma dauernd zu schädigen, ist in den angestellten Versuchen nicht erreicht

worden. Von einer Anzahl halbirter *Helianthus*-Markcylinder wurden die einen Hälften in gesättigtes Chloroformwasser, das zuvor mit dem gleichen Volumen reinen Wassers verdünnt worden war, gebracht, die anderen Hälften in reines Wasser von gleicher Temperatur (20° C.). Hierbei zeigte sich, dass die Längenzunahme der Cylinderhälften pro Zeiteinheit in dem chloroformirten Wasser viel langsamer von Statten ging als in reinem Wasser; ich möchte jedoch hieraus einstweilen keine weiteren Schlussfolgerungen ziehen. Denn es konnte durch entsprechende Versuche leicht constatirt werden, dass die Gewebecylinder durch den mehrstündigen Aufenthalt in dem chloroformirten Wasser eine Schädigung erfahren hatten. Dies ging unter Anderem deutlich daraus hervor, dass die Zellen am Schluss der Versuche oder bald nach ihrer Entfernung aus dem Chloroformwasser gänzlich abstarben. Die Concentration des benutzten Chloroformwassers war zweifellos eine zu hohe; ich musste jedoch die diesbezüglichen Versuche abbrechen, weil das vorhandene Untersuchungsmaterial zu anderen, mir wichtiger erscheinenden Experimenten verwandt werden sollte.

Wenn es feststeht, dass das lebende Protoplasma (Plasmaschlauch) unter der Einwirkung von Temperaturschwankungen durch Aenderung seiner Constitution im Stande ist, auf die Geschwindigkeit der osmotischen Wasserbewegung einen weitgehenden Einfluss auszuüben, so ist zu erwarten, dass die einzelnen Zellen je nach ihrer Function und dem Entwickelungsstadium Verschiedenheiten zeigen werden. Dies ist in der That der Fall. Bei *Helianthus annuus* ist der Einfluss der Temperatur auf die Ausgiebigkeit der Wasserbewegung um so grösser, je jünger die zu den Versuchen benutzten Zellen sind. Die in dieser Mittheilung besprochenen Experimente wurden fast sämmtlich an Gewebecylindern ausgeführt, die aus der jüngsten, noch lebhaft wachsenden Sprossregion stammten; bei jungen, kräftigen Exemplaren ist diese nicht selten über 100—150 mm lang. Entnimmt man das Untersuchungsmaterial bereits ausgewachsenen Sprossregionen, so erreichen die bei verschiedener Temperatur beobachteten Differenzen in der Ausflussmenge des Wassers selten die Höhe, die man an jungen, lebhaft wachsenden Zellen beobachtet.

Zeigen schon die Zellen derselben Pflanzenart bezüglich der hier in Frage stehenden Processe Verschiedenheiten, so muss dies natürlich in noch viel höherem Maasse bei den verschiedenen Pflanzenarten zutreffen. Wie schon früher betont, war es mir aus Mangel an genügendem Untersuchungsmaterial nicht möglich, diesen wichtigen Punkt einer eingehenden Prüfung zu unterwerfen. Soweit meine Versuche an *Inula Helenium* reichen, zeigt diese Pflanze ganz erhebliche Abweichungen von *Helianthus*. Individuell möglichst gleichartige Gewebecylinder zeigen in Wasser von verschiedener Temperatur (2—4° und 20—25° C.) nicht selten genau dieselbe Längenzunahme; wo man Differenzen beobachtet, sind diese stets geringer als bei *Helianthus annuus*.

Nach dem hier etwas unvollständigen Manuscript zu urtheilen, wollte der Verfasser auf diese Versuche nicht weiter eingehen. Ich selbst weiss aus verschiedenen Experimenten, dass es eine ganze Anzahl von Pflanzen giebt, deren Mark zu den hier vorgetragenen Untersuchungen nicht geeignet ist, z. B. das von *Paeonia officinalis*. Legt man das herausgeschälte Mark dieser Pflanze in reines Wasser, so nimmt es nur sehr wenige und langsam an Länge zu, obwohl alle Zellen lebend sind. Es wird sich diese Erscheinung dadurch erklären, dass erstlich wenig osmotisch wirksame Substanzen vorhanden sind und zweitens die Dehnbarkeit der Zellwände eine geringere ist. Danach wären die scheinbar widersprechenden Versuche Krabbe's mit *Inula Helenium* leicht zu verstehen. (Kolkwitz.)

III. Der osmotische Druck in seiner Abhängigkeit von der Qualität der Plasmahaut.

In den vorausgehenden Capiteln ist für bestimmte Fälle gezeigt worden, in welch' hohem Maasse die Geschwindigkeit der osmotischen Wasserbewegung von der Qualität der Plasmahaut abhängig ist. Unter dem Einfluss der Temperatur besitzt die Plasmahaut die Fähigkeit, die Micellarinterstitien je nach der Natur der Temperaturänderung zu verkleinern oder zu vergrössern. Es entsteht nun die wichtige Frage, ob dieser Factor auf die osmotische Druckhöhe im stationären Zustand von irgend

einer Bedeutung ist. Wir haben uns im Vorausgehenden in dieser Hinsicht einstweilen der Anschauung Pfeffer's angeschlossen, wonach bei Ausschluss von Exosmose der osmotische Druck von der Qualität der Plasmahaut unabhängig ist. Danach ist der endlich erreichte Druck unabhängig von der Geschwindigkeit, mit welcher die osmotische Wasserbewegung erfolgt. Um dies zu zeigen, bedient sich Pfeffer der üblichen Beweisführung, indem er darlegt, dass man unbedingt zu einem Perpetuum mobile gelange, wenn man der Qualität der Plasmahaut einen Einfluss auf die osmotische Druckhöhe zuschreibe.

Die Ansicht Pfeffer's gilt aber nur unter der Voraussetzung, dass jeder geringste einseitige Ueberdruck eine Wasserbewegung durch die Plasmamembran bedingt, dass mit anderen Worten durch die Plasmahaut eine einseitige Wasserbewegung nicht eher zum Stillstand gelangt, als bis alle Druckdifferenzen vollständig ausgeglichen sind. Dies ist offenbar Pfeffer's Ansicht, obgleich davon in der Abhandlung „Zur Kenntniss der Plasmahaut und der Vacuolen" nicht die Rede ist. In den „Osmotischen Untersuchungen" heisst es dagegen bei Besprechung der Filtrationsversuche mit Ferrocyankupfermembran: „Namentlich hebe ich noch hervor, dass es, wie ja auch zu erwarten ist, keine Grenze des Filtrationswiderstandes giebt, d. h., dass jeder Ueberdruck Filtration nach der Seite geringeren Widerstandes bewirkt."

Nur wenn die hier citirte Anschauung Pfeffer's richtig ist, kann die Qualität der Plasmamembran den osmotischen Druck beeinflussen. Nun aber hat vom physikalischen Standpunkte a priori die Annahme ebensoviel Wahrscheinlichkeit für sich, dass der Filtrationsdruck oder die osmotische Kraft erst eine gewisse, unter Umständen messbare Höhe erreichen muss, um das Wasser in den Micellarinterstitien des Plasmaschlauches aus der Ruhe in den Zustand der Bewegung überzuführen. Schon zur Ueberwindung der in den Micellarinterstitien vorhandenen Reibungswiderstände ist eine in den Einzelfällen offenbar verschieden grosse Kraft erforderlich, und sofern der Filtrationsdruck oder die osmotische Kraft diese Höhe nicht erreicht, tritt überhaupt keine Bewegung ein. Wo dies zutrifft, kann der osmotische Druck selbstverständlich nicht die maximale Höhe erreichen; er muss um soviel hinter derselben zurückbleiben, als

Filtrationswiderstand bei der einseitigen Wasserbewegung vorhanden ist. Nehmen wir beispielsweise an, dass der Plasmaschlauch einer Zelle erst bei einem osmotischen Ueberdruck von einer Atmosphäre permeabel werde, so muss der hydrostatische Druck, wenn wir die turgorlose Zelle in reines Wasser legen, um eine Atmosphäre hinter der maximalen Höhe zurückbleiben. Bei einer anderen Zelle mit gleich concentrirtem Inhalt, aber mit einer Plasmamembran, deren Filtrationswiderstand gleich Null ist, würde der osmotische Druck selbstverständlich um eine volle Atmosphäre grösser ausfallen.

Es ist von vornherein zuzugeben, dass es sich bei einer einzigen dünnen Ferrocyankupfermembran um Grössen handelt, die ihrer Kleinheit wegen nicht in Frage kommen. Wie aber die diesbezüglichen Verhältnisse für die lebenden Protoplasmahäute liegen, lässt sich meines Erachtens ohne besondere Untersuchung nicht entscheiden. Bei einzelnen Zellen mag es sich auch hier um Grössen handeln, die sich experimentell kaum werden feststellen lassen und daher von keinerlei Bedeutung sind. Wesentlich anders liegen die Verhältnisse aber, sobald es sich um Zellcomplexe handelt, beispielsweise um zwei Zellen, die in einem Gewebe um einige Millimeter von einander entfernt liegen. Sind hier Druckdifferenzen zwischen diesen Zellen vorhanden, so wird bei Ausschluss von Exosmose eine Wasserbewegung zum Ausgleich durch eine grosse Zahl von Zellen erfolgen, und es fragt sich, ob die einseitige Wasserbewegung bei gleicher Concentration der Zellinhalte so lange fortdauert, bis an beiden Punkten die gleiche osmotische Druckhöhe erreicht ist, oder ob die Bewegung nicht schon vorher zum Stillstand gelangt. Denn nun summiren sich die Widerstände der einzelnen Plasmamembranen und können leicht einen messbaren Einfluss ausüben. Denkt man sich z. B. an der Basis eines U-förmig gebogenen Glasrohres quer durch das Lumen eine Plasmamembran (mit der nöthigen Widerlage) ausgespannt, so wird beim Eingiessen von Wasser in den einen Schenkel so lange eine Wasserbewegung durch die Membran erfolgen, bis das Wasser in beiden Schenkeln gleich hoch steht. Jedenfalls werden Niveaudifferenzen eine kaum messbare Grösse besitzen. Muss aber die Bewegung 50—100 Plasmahäute durchsetzen, so

wird die Wasserbewegung zweifellos vor dem Ausgleich der Niveaudifferenz zur Ruhe kommen, weil diese immer kleiner werdende Differenz schliesslich wegen der Reibungswiderstände nicht mehr genügt, die Wasserbewegung zu unterhalten.

Dass wir es hier nicht mit fingirten concreten Fällen zu thun haben, sondern dass diese Dinge in Wirklichkeit eine wichtige Rolle spielen können, lässt sich durch Versuche mit *Helianthus*-Markcylindern direct nachweisen.

Wie wir wissen, zeigt frei präparirtes Mark dieser Pflanze in reinem Wasser eine lebhafte Verlängerung; diese wird successive geringer und schliesslich Null, sobald die Zellen nach dem Erreichen der maximalen Turgescenz kein Wasser mehr aufnehmen. Da bei solchen Versuchen nur die peripherisch gelegenen Zellen mit Wasser in directer Berührung stehen, so muss dieses, um in die Mitte der Gewebecylinder zu gelangen, eine grosse Zahl von Zellen passiren. Nehmen wir z. B. 6 mm dicke Gewebecylinder, so muss das Wasser zur Erreichung der axilen Gewebepartien alle Zellen passiren, die auf dem 3 mm langen Radius liegen; es sind dies bei dem *Helianthus*-Markgewebe mindestens 60—100 Zellen. Wir haben hier also dasselbe, als ob man einen 3 mm langen Zellfaden, welcher z. B. aus 60 Gliedern zusammengesetzt ist, im turgorlosen Zustande mit dem einen Ende mit Wasser in Berührung bringt. Ist die Plasmamembran für jeden geringsten Ueberdruck permeabel, so kommt in dem fraglichen Beispiel die osmotische Wasserbewegung nicht eher zum Stillstand, als bis alle 60 Zellen den gleichen osmotischen Druck besitzen. Vorausgesetzt ist hierbei selbstverständlich, dass alle Zellen mit der gleichen osmotischen Kraft Wasser anziehen, was für *Helianthus*-Markzellen in Wirklichkeit zutreffen wird. Wir können unsere Schlussfolgerung auch umkehren und sagen: gelangt die Wasserbewegung zum Stillstand, so muss der osmotische Druck in allen Zellen dieselbe Grösse besitzen. Ist dies nicht der Fall, so folgt daraus, dass der Plasmaschlauch erst unter Einwirkung einer bestimmten Kraft permeabel wird. Indem wir die Differenz bestimmen, die zwischen dem osmotischen Druck der mit Wasser in directer Berührung befindlichen Zelle und der anderen Endzelle besteht, können wir den Filtrationswiderstand pro Zelle ermitteln. Be-

trägt z. B. der osmotische Druck in der einen Endzelle 10 Atmosphären, in der anderen 8, so kommt bei einem aus 60 Zellen bestehenden Faden auf jedes einzelne Glied ein Widerstand von $^2/_{60} = {^1/_{30}}$ Atmosphäre. Um durch eine Zelle einen Wasserstrom zu erzeugen, ist demnach zum Mindesten eine Kraft von $^1/_{30}$ Atmosphäre nöthig; erreicht die Kraft diese Grösse nicht, so unterbleibt jede Bewegung, d. h. dieselbe hört auf, sobald die stromerzeugende Kraft auf $^1/_{30}$ Atmosphäre herabsinkt. Ich werde später die Kraft, die erforderlich ist, um eine einseitige Wasserbewegung zu erzielen, als Impermeabilitätsgrösse einer Plasmahaut bezeichnen.

Indem ich nun an der Hand einiger Experimente an *Helianthus*-Markzellen Näheres bespreche, nehme ich von der Mittheilung besonderer Zahlenwerthe Abstand, weil die in Frage stehenden Momente, soweit es sich um *Helianthus* handelt, nur ein physikalisches Interesse beanspruchen können. Betrachtet man zunächst einen in Wasser von 0—5° C. befindlichen Markcylinder, bei welchem also alle Wachsthumsprocesse ausgeschlossen sind, so kommt hier die osmotische Wasserbewegung etwa nach 36—48 Stunden so ziemlich zum Stillstand. Dass aber in diesem Zustande der osmotische Druck der peripherischen Gewebezellen und der in der Mitte gelegenen nicht übereinstimmt, folgt meines Erachtens schon aus der ziemlich beträchtlichen Spannung, die zwischen den peripherischen und centralen Zellcomplexen vorhanden ist. Halbirt man einen solchen turgescenten Gewebecylinder, so tritt eine Krümmung ein, wobei die Schnittfläche concav wird, ein deutlicher Beweis, dass die peripherischen Zellen sich in Druckspannung, die axilen dagegen sich in Zugspannung befanden. Zerlegt man nun einen 5—6 mm dicken Cylinder, bei dem die osmotische Wasserbewegung zum Stillstand gekommen ist, in dünnere Lamellen und legt sie wieder in kaltes Wasser, so tritt besonders bei den centralen Zellen wieder eine lebhafte Verlängerung ein; dieselbe betrug z. B. in verschiedenen Fällen in der ersten Stunde 3—4 mm, während der ungetheilte Cylinder vorher keine Verlängerung zeigte.

Durch das Zerschneiden der Gewebecylinder ist in erster Linie nur eine Zahlenverminderung der Zellen, die das osmotisch aufgenommene Wasser zu passiren hat, herbeigeführt.

Bei unserem Gewebecylinder mussten 60 Zellen passirt werden, um zu den in der Mitte gelegenen zu gelangen. Halbirt man den Markcylinder, so wird die Zellenzahl auf 30 reducirt. Beträgt nun die Impermeabilitätsgrösse für die 60 Zellen z. B. zwei Atmosphären, so wird sie durch die Halbirung auf eine Atmosphäre reducirt; es kann somit Wasser in die Zellen eintreten und eine neue Verlängerung, wie sie in den diesbezüglichen Experimenten thatsächlich beobachtet wurde, stattfinden. Durch diese Versuche ist weiterhin der Beweis erbracht, dass die erwähnte Gewebespannung nicht dadurch zu Stande kommt, dass die osmotische Kraft der peripherischen Zellen grösser ist als diejenige der central gelegenen. Wäre dies der Fall, so könnten die axilen Zellen nach der Spaltung des Cylinders sich nicht verlängern, weil sie sich im Maximum der Turgescenz befunden hätten. Sie müssten im Gegentheil, wie man leicht einsieht, Wasser abgeben.

Es giebt ausser den soeben besprochenen noch eine Reihe anderer Thatsachen, aus denen sich mit Bestimmtheit folgern lässt, dass bei Gewebecylindern von einigen Millimetern Dicke die osmotische Wasserbewegung schon zur Ruhe kommt, bevor die inneren Zellen das Maximum ihrer Turgescenz erreicht haben. Legt man z. B. *Helianthus*-Markcylinder, nachdem die osmotische Wasserbewegung durch einen 36—48 stündigen Aufenthalt in reinem Wasser von 0—5° C. zum Stillstand gekommen ist, in eine Rohrzuckerlösung von gleicher Temperatur, so ergiebt sich eine Verkürzung gewöhnlich nur von einem bestimmten Concentrationsgehalt der Lösung an. Eine Zuckerlösung von 3 bis 4 % ist in der Regel so gut wie wirkungslos, wiederum ein Beweis, dass sich die Markgewebezellen beim Stillstand nicht im Maximum der Turgescenz befinden. Sobald die osmotische Kraft auf eine gewisse Grösse herabsinkt, ist dieselbe nicht mehr im Stande, die Bewegung zu unterhalten. Aus demselben Grunde kann auch die Zuckerlösung eine bestimmte Concentration erreichen, ohne an dem scheinbar im völlig turgescenten Zustande befindlichen Markcylinder bei einer Temperatur von 0—5° C. eine Verkürzung zu erzielen. Eine solche müsste sofort eintreten, wenn der Widerstand der Plasmaschläuche gleich Null und dieselben bei jeder geringsten einseitigen Kraft permeabel

wären, und daher die Zellen sich im Maximum der Turgescenz befinden würden. Nebenbei sei hier bemerkt, dass man bei dem soeben erwähnten Punkte die Veränderung der Querschnittsfläche, welche dieselben beim Ueberbringen in Zuckerlösung erfahren, nicht ausser Acht lassen darf. Solange sich die Cylinder in Wasser befinden, sind die Schnittflächen concav, weil sich die peripherischen Zellen stärker zu verlängern suchen als die mittleren. Beim Einlegen in eine Zuckerlösung, die zunächst den peripherischen, nahezu im Maximum der Turgescenz befindlichen Zellen Wasser entzieht, werden die concaven Schnittflächen erst eben und bei Anwendung einer hinreichend concentrirten Lösung noch convex. Aus dieser Formveränderung der Schnittflächen resultiren bei Messungen an dicken Cylindern unvermeidlich kleine Längenänderungen, ohne dass in der That der ganze Cylinder eine Verkürzung oder Verlängerung erfahren hat.

Von nicht geringer Bedeutung für den vorliegenden Gegenstand scheint mir vor Allem folgende Thatsache zu sein. Bringt man Gewebecylinder von *Helianthus annuus,* die durch einen 36- bis 48stündigen Aufenthalt in Wasser von 0—5° C. das Maximum ihrer Verlängerung erreicht haben, aus dem kalten Wasser in solches von 25—30° C., so beobachtet man, dass oft schon in wenigen Minuten eine Verlängerung von einigen Millimetern eintritt. Wie wir wissen, muss bei der genannten Temperaturerhöhung aus rein physikalischen Gründen der hydrostatische Druck des Zellinhaltes eine Steigerung erfahren. Dieses Moment reicht jedoch bei Weitem nicht zur Erklärung der besprochenen Erscheinung aus; vielmehr bleibt nach Lage der Dinge nur die Annahme übrig, dass die Permeabilität des Plasmaschlauches durch die Temperaturerhöhung eine weitgehende Aenderung erfährt. Die osmotisch wirksame Kraft, welche bei 0 bis 5° C. nicht mehr zur Unterhaltung einer Wasserbewegung ausreicht, ruft sofort wiederum eine Bewegung hervor, wenn man die Temperatur in genügender Weise erhöht, denn durch diese Temperaturerhöhung wird die bei 0—5° C. eingetretene Impermeabilität der Plasmaschläuche aufgehoben. Wie man sich diese Qualitätsänderungen des Plasmaschlauches im Einzelnen vorzustellen hat, mag zunächst dahingestellt bleiben; dass es sich aber hauptsächlich um eine Erweiterung der intermicellaren

Räume handelt, ist wohl sicher. Hier kommt es einstweilen nur auf die experimentell sichergestellte Thatsache an, dass zur Herbeiführung einer Wasserbewegung durch denselben Plasmaschlauch bei 0—5° C. eine verhältnissmässig viel grössere Kraft erforderlich ist als bei 25—30° C. Und daher kann auch der osmotische Druck unter sonst gleichen Verhältnissen bei 0 bis 5° C. nicht diejenige Höhe erreichen, die bei einer Temperatur von 25—30° C. eintritt.

In den besprochenen Thatsachen liegt auch die Erklärung, warum die Spannungen zwischen den peripherischen und centralen Zellcomplexen eines Gewebecylinders in Wasser von 25 bis 30° C. nie die Höhe erreichen, wie in Wasser von 0—5° C. Haben die Markcylinder in Wasser von 25—30° C. den stationären Zustand erreicht, so fehlen zwar die Spannungen nicht vollständig; die Untersuchung lässt jedoch keinen Zweifel darüber, dass die Differenzen im osmotischen Druck zwischen dén peripherischen und centralen Zellen bei höherer Temperatur geringer sind, als im Wasser von erheblich niedrigerer Temperatur.

Es ist gewiss von nicht geringem Interesse, zu sehen, dass die besprochenen Erscheinungen sämmtlich wiederkehren, und zwar in viel ausgeprägterer Form, wenn man die turgescenten Gewebecylinder in gleich concentrirten Zuckerlösungen bei verschiedener Temperatur der Plasmolyse unterwirft. Es wird genügen, wenn ich zur Orientirung über diesen Punkt kurz auf die bereits bei anderer Gelegenheit besprochenen Tabellen No. 1—8 hinweise. Schon früher habe ich die Thatsache gestreift, dass bei Anwendung von 20—24procentigen Zuckerlösungen die Plasmolyse bei jeder Temperatur eintritt, wie gross auch die Differenzen in der Zeit, die zur Erreichung dieser Ziele erforderlich sind, sein mögen. Wenn man in Betracht zieht, dass die osmotische Kraft der Zellen höchstens 8—10 Atmosphären beträgt, während eine 20—24procentige Zuckerlösung eine wasserentziehende Kraft von 13,5—16 Atmosphären entwickelt, so ist von vornherein ein anderes Ergebniss nicht zu erwarten. Die Kraft, welche zur Erzielung eines Wasserstromes durch ein 3 mm dickes Gewebestück erforderlich ist, müsste schon den bedeutenden Werth von 5,5—8 Atmosphären er-

reichen, wenn bei Anwendung einer 20—24procentigen Zuckerlösung die Plasmolyse bei 0—5° C. nicht eintreten sollte.

Ganz anders gestalten sich die Ergebnisse, sobald man Zuckerlösungen von 12—16 % anwendet. Da die osmotische Kraft dieser Lösungen (8—10,7 Atmosphären, vergl. p. 452) mit derjenigen des Zellinhaltes nahezu übereinstimmt, so kann die Plasmolyse bei 5—6 mm dicken Gewebecylindern selbstverständlich nur eintreten, wenn die Plasmahäute bei jedem geringsten einseitigen Ueberdruck permeabel sind. Unter Benutzung der fraglichen Lösungen pflegen in der That die Markcylinder bei Temperaturen von 25—30° C. sich so lange zu verkürzen, bis sie ziemlich vollständig plasmolysirt sind. Dies ist jedoch nicht mehr der Fall bei Temperaturen von 0—5° C.; nunmehr gelangt die Bewegung unter Anwendung ebenso stark concentrirter Zuckerlösungen bereits vor dem Eintritt der Plasmolyse zum Stillstand. So war z. B. bei dem in Tabelle No. 4 aufgeführten Versuche nach etwa 20 Stunden keine Contraction (bei Anwendung der kalten Lösung) mehr zu constatiren, obgleich um diese Zeit die Cylinder noch eine ganz beträchtliche Dehnung besassen, so dass die Rechnung eine bedeutende Impermeabilität ergeben würde. Bei dem in Tabelle No. 6 angeführten Versuche kam die Bewegung gleichfalls etwa nach 24 Stunden zum Stillstand, obgleich auch hier noch eine beträchtliche Zellwandspannung vorhanden war.

Werden die Plasmahäute erst unter Anwendung eines bestimmten Druckes permeabel, so muss zur Herbeiführung der Plasmolyse eben wegen der Impermeabilitätsgrösse der Plasmaschläuche die Lösung concentrirter sein als der Zellinhalt. Beträgt die osmotische Kraft der 6 mm dicken Gewebecylinder 10 Atmosphären, während die Plasmahäute einen Widerstand gegen einseitige Wasserbewegung von 3 Atmosphären besitzen, so muss die zur Erzielung der völligen Plasmolyse erforderliche Lösung eine osmotische Kraft von 13 Atmosphären repräsentiren.

Um *Helianthus*-Markcylinder zu plasmolysiren, ist nach dem Vorstehenden bei 0—5° C. eine viel höher concentrirte Lösung erforderlich als bei 25—30° C.

Sobald man daher von der einzelnen Zelle zu Zellcomplexen übergeht, kann die Qualität der Plasmahaut nicht nur die Ge-

schwindigkeit der Wasserbewegung, sondern auch den osmotischen Druck in ganz erheblichem Maasse beeinflussen.

Man wird das besprochene Ergebniss nicht durch die Behauptung zu entkräften suchen, dass die besprochenen Erscheinungen durch das Experiment noch nicht über jeden Zweifel sicher gestellt seien. Da es sich um lebende Zellen handelt, so mussten die Experimente nach 2—3 Tagen abgeschlossen werden. Man könnte nun sagen, es sei doch zweifelhaft, dass in dieser Zeit bereits absoluter Stillstand in der osmotischen Wasserbewegung eingetreten sei. Ich habe keine Veranlassung, diesen Einwand zu widerlegen; es ist recht gut möglich, dass noch eine weitere Bewegung durch die Messung hätte constatirt werden können, wenn es möglich wäre, die Cylinder lange genug am Leben zu halten.

Wir haben es bei der Ausführung der Experimente mit Objecten zu thun, die in den meisten Fällen zu Grunde gehen, bevor man eine absolut sichere Antwort erlangt hat. Wie schon betont, hat die Frage, ob die osmotische Wasserbewegung in der That, wie ich auf Grund meiner Versuche glaube, bei 0—5° C. vor dem Eintritt der Plasmolyse (oder der maximalen Turgescenz) zur Ruhe kommt, höchstens noch physikalisches Interesse. Für die lebende Pflanze ist die Bewegung, die hier in Frage kommt, gleichbedeutend mit absoluter Ruhe. Darum ist es physiologisch ganz gleichgültig, ob man Bewegung oder Ruhe annimmt.

Es kommt ja, wie schon früher betont, für die Pflanze nicht darauf an, dass Bewegung stattfindet, sondern dieselbe muss in einem Tempo erfolgen, dass die Pflanze durch sie irgend welchen Nutzen hat. Von diesem Gesichtspunkte aus lässt sich auf Grund unserer Experimente für das Markgewebe von *Helianthus annuus* behaupten, dass hier bei einer Temperatur von 0—5° C. jede auf osmotischen Processen beruhende Stoffbewegung zum Stillstand kommt, selbst unter der Voraussetzung, dass zwischen nahe gelegenen Zellen ziemlich erhebliche Differenzen vorhanden sind. Nach unseren Experimenten können diese Differenzen zwischen zwei um 3 mm von einander entfernten Zellen mindestens zwei Atmosphären betragen, ohne dass eine irgend wie in's Gewicht fallende Bewegung eintritt.

Auf die Frage nach dem Einfluss der Plasmamembran auf die osmotische Druckhöhe brauche ich nach dem Vorstehenden nicht mehr zurück zu kommen. Unsere Versuche mit Gewebecylindern von *Helianthus* haben deutlich gezeigt, dass die Impermeabilitätsgrösse der Plasmamembran besonders bei 0—5° C. einen ziemlich hohen Werth erreicht, d. h. es ist ein verhältnissmässig hoher Druck erforderlich, um Wasserbewegung durch die Plasmamembran hervorzurufen; es ist daher auch die Qualität der Plasmamembran auf die Höhe des osmotischen Druckes nicht ohne Einfluss. Der Einwand, dass dieses Ergebniss nicht völlig sicher gestellt sei, hat physiologisch keine Bedeutung. Für die Pflanze hat die Thatsache, dass die maximale Druckhöhe bei 0 bis 5° C. erst nach etwa mehreren Monaten eingetreten sein würde, deshalb keinen Werth, weil sie nicht Zeit hat solange zu warten; sie muss sich daher mit dem osmotischen Druck behelfen, der in einer bestimmten kürzeren Zeit erreicht wird. Wenn also durch die Qualität des Plasmaschlauches die Geschwindigkeit der Wasserbewegung in ganz erheblichem Maasse verlangsamt wird, so erfährt dadurch praktisch für die Pflanze der osmotische Druck eine Verminderung.

Zusammenfassung.

Von R. Kolkwitz.

Die Geschwindigkeitsänderung osmotischer Processe durch die Temperatur ist ziemlich erheblich. Spaltet man z. B. einen jugendlichen Markgewebecylinder von *Helianthus annuus* der Länge nach und legt die eine Hälfte in Wasser von 1—2° C., die andere in solches von ca. 25° C., so nehmen beide, besonders zu Anfang, mit ganz verschiedener Schnelligkeit Wasser auf, durchschnittlich im Verhältniss von 1 : 5. Diese und ähnliche Thatsachen müssen ihre Ursache im Protoplasmaschlauch haben und sind bis jetzt rein physikalisch nicht verständlich. Würde sich der Primordialschlauch mit seinen für Wasser durchlässigen Interstitien mit Glascapillaren, thierischen Häuten oder Ferrocyankupfermembranen direct in allen wesentlichen Punkten gleich

verhalten, so dürfte dieses Verhältniss allerhöchstens 1 : 2 betragen. Wir müssen annehmen, dass dem lebenden Plasmaschlauch die ganz besondere Fähigkeit zukommt, die Weite seiner Interstitien bei Temperaturschwankungen erheblich zu ändern, denn eine andere Deutung hat sich für die mitgetheilten Thatsachen nicht finden lassen.

Ein zweites Ergebniss dieser Arbeit wurde unter Anderem aus folgender Beobachtung gewonnen. Lässt man einen lebenden, möglichst dicken Markcylinder der Sonnenblume so lange in kaltem Wasser von 1—2° C. liegen, bis er den höchsten Grad seiner Turgescenz erreicht hat und halbirt ihn dann durch einen Längsschnitt, so krümmen sich beide Hälften derart, dass die Schnittflächen auf die concave Seite zu liegen kommen. Diese Erscheinung beruht, wie im letzten Capitel gezeigt wurde, darauf, dass in Folge von Reibungswiderständen im Plasma der Turgor in den central gelegenen Zellen nicht dieselbe Höhe erreichen konnte wie in den peripherischen. Ehe nämlich das Wasser, welches aufgenommen werden soll, bis zu den inneren Zellen vordringt, muss es mehrere Hundert Protoplasmamembranen passiren. Würde deren Zahl geringer sein und etwa nur 20 bis 30 betragen, so könnten alle Zellen denselben Turgor erlangen; im obigen Falle aber gestattet der Reibungswiderstand, welchen das Wasser auf seinem Wege erfährt, nicht die maximale Turgescenz der centralen Zellen. Es folgt daraus also, dass die Höhe des osmotischen Druckes nicht in allen Fällen von der Beschaffenheit des Plasmaschlauches unabhängig ist.

Neue Untersuchungen über die Specialisirung, Verbreitung und Herkunft des Schwarzrostes (*Puccinia graminis* Pers.).

Von

Jakob Eriksson in Stockholm.

Durch früher mitgetheilte Untersuchungsresultate[1]) ist als sicher festgestellt, dass der Schwarzrost (*Puccinia graminis* Pers.) eine Mehrzahl biologisch getrennter Formen (formae speciales) in sich fasst. Nach den bis zum Ende des Jahres 1894 ausgeführten Versuchen sind sechs solche Formen zu unterscheiden, und zwar fünf scharf fixirte, d. h. solche, die in keinem Falle noch auf andere Grasarten als die der Form eigenen übergeführt worden sind, und eine nicht scharf fixirte, bei welcher die Fähigkeit, auch andere Grasarten in einzelnen Fällen zu inficiren, constatirt worden ist.

Die fixirten Formen sind folgende: 1. Roggenschwarzrost (f. sp. *Secalis*) auf *Secale cereale, Hordeum vulgare, Triticum repens* und *Elymus arenarius;* 2. Haferschwarzrost (f. sp. *Avenae*) auf *Avena sativa, Dactylis glomerata, Alopecurus pratensis, Milium effusum* und vielleicht *Avena elatior;* 3. Schmeleschwarzrost (f. sp. *Airae*) auf *Aira caespitosa;* 4. Straussgrasschwarzrost (f. sp. *Agrostis*) auf *Agrostis canina* und *A. stolonifera* und 5. Rispengrasschwarzrost (f. sp. *Poae*) auf *Poa compressa* und vielleicht *P. pratensis.* Dazu kommt noch als nicht scharf fixirt: 6. Weizenschwarzrost (f. sp. *Tritici*) auf *Triticum vulgare.*

Im Sommer 1895 sind mit *Uredo graminis* neue Infectionsversuche ausgeführt worden, theils um einige bis dahin unversuchte Schwarzrostformen an die richtige Stelle des Systemes einzuordnen, theils um den Fixirungsgrad der f. sp. *Tritici* und den Umfang der f. sp. *Poae* weiter zu prüfen. Die Resultate dieser neuen Versuche sind in umstehender Tabelle 1 zusammengestellt:

1) J. Eriksson, Ueber die Specialisirung des Parasitismus bei den Getreiderostpilzen. Ber. d. deutsch. botan. Gesellsch., Bd. 12, 1895, p. 293.

Infections- No.	Infections- Tag	Infectionsmaterial Herkunft	Keimfähigkeit Grad	Keimfähigkeit nach Stunden	Inficirte Pflanzen Art	Inficirte Pflanzen Zahl	Infectionsstellen Zahl	Infectionsstellen Lage	+ / —	Resultate: Anzahl der Rostflecken nach Tagen 13	14	16	17	20	22	23	26	27	30	34
1	30./8.	*Triticum caninum*	3	4	*Triticum vulgare*	3	27	Blätter	—											
2	„	„ „	„	„	*Avena sativa*	„	20	„	—											
3	„	„ „	„	„	*Hordeum vulgare*	„	21	„	+	3					3					
4	„	„ „	„	„	*Secale cereale*	„	„	„	+	2			11		11					
5	6./9.	*Triticum vulgare*	3	18	*Avena sativa*	3	24	Blätter	—											
6	„	„ „	„	„	*Hordeum vulgare*	„	30	„	+				1							
7	„	„ „	„	„	*Secale cereale*	2	26	„	+				2							2
8	„	„ „	„	„	*Triticum vulgare*	3	28	„	+		17		25			27				27
9	13./9.	*Triticum caninum*	4	27	*Secale cereale*	2	18	Blätter	+			11						11		
10	„	„ „	„	„	*Hordeum vulgare*	3	25	„	—											
11	29./9.	*Avena sterilis*	4	19	*Triticum vulgare*	3	22	Blätter	—											
12	„	„ „	„	„	*Hordeum vulgare*	„	24	„	—											
13	„	„ „	„	„	*Avena sativa*	„	23	„	+					21			23			
14	9./10.	*Poa pratensis*	4	20	*Poa compressa*	4	31	Blätter, Scheiden	—											
15	„	„ „	„	„	„ „	3	18	Blätter	—											

Die Versuche zeigen, dass der Schwarzrost des *Triticum caninum* zu der f. sp. *Secalis* gehört, wenn er auch nur mit grosser Schwierigkeit auf Gerste überzusiedeln scheint, und dass die Form der *Avena sterilis* zu der f. sp. *Avenae* gehört. Die Resultate der Versuchsserie mit f. sp. *Tritici* bestätigen die Vermuthung, die sich auf den Versuchen der vorigen Jahre gründete, dass dieser Form die Fähigkeit innewohne, wenigstens in einzelnen Fällen auf Roggen und Gerste überzugehen.

Was endlich die Identität der Formen der *Poa compressa* und der *P. pratensis* betrifft, so sind die angestellten Versuche, in Verbindung theils mit gewissen, an anderem Orte[1]) besprochenen Beobachtungen über die Localisirung der Form bezw. Formen des Wiesenrispengrases, theils mit gewissen, unten näher beschriebenen Infectionsresultaten, mit der Form des Platthalm-Rispengrases in laufenden Generationen geeignet, die bis dahin ausschliesslich auf der nahen Verwandtschaft der Wirthspflanzen gegründete Annahme einer solchen Identität zu erschüttern, wenn nicht ganz umzustossen, wenigstens in Betreff der Pilzform, die in den auf der Tabelle 1 angegebenen Versuchen vorlag. Es dürfte demnach am richtigsten sein, bis auf Weiteres den Begriff f. sp. *Poae* ausschliesslich der *Poa compressa* zu reserviren und die Frage von dem systematischen Platz der Form bezw. Formen der *Poa pratensis* offen zu lassen, bis weitere Untersuchungen vorliegen.

Es dürfte leicht verständlich sein, dass die auffallende Thatsache, dass es eine Mehrzahl biologisch getrennter Schwarzrostformen giebt, die mehr oder weniger fest an eine oder einige Wirthspflanzenarten gebunden sind, ein nicht geringes praktisches Interesse haben muss, da die Verbreitung der Krankheit von einer Grasart auf die andere durch den Wind, welche Verbreitungsart noch für eine der allerwichtigsten mitwirkenden Ursachen der schwer verheerenden Rostangriffe gehalten wird, hierdurch nicht unwesentlich reducirt wird. Es kann nämlich jetzt als sicher festgestellt erachtet werden, dass die Grabenränder, welche mit schwarzrostigem *Triticum repens* bewachsen sind, wohl

---

1) J. Eriksson, Welche Grasarten können die Berberitze mit Rost anstecken? Zeitschr. f. Pflanzenkrankh., Bd. 6, 1896.

im Hochsommer, wenn das Uredostadium des Schwarzrostes blüht, für ein den benachbarten Roggen- und Gerstenpflanzen gefährliches Unkraut zu halten ist, dass sie aber den nebenan wachsenden Weizen- und Haferfeldern in derselben Hinsicht vollkommen unschädlich sind. Für ein Haferfeld kann man aber in benachbarten *Dactylis glomerata*, *Alopecurus pratensis*, *Milium effusum* und vielleicht *Avena elatior* eine Gefahr argwöhnen. Vor Allem wird jedoch die ansteckende Wirkung der umgebenden Grasvegetation auf den Weizen herabgesetzt, da wir noch keinen einzigen Fall kennen, wo dieses Getreide durch künstliche Infection von einer anderen Grasart angesteckt worden ist.

Die gemachten Entdeckungen fordern indessen noch dazu kräftig auf, die in praktischer Hinsicht wichtige Frage von der umgebenden Vegetation überhaupt als einer mitwirkenden Krankheitsursache zum Gegenstande einer noch eingehenderen und allseitigeren Prüfung, als bisher geschehen ist, zu machen. Von denjenigen Specialfragen, welche hier das Interesse der Praktiker in Anspruch nehmen müssen, tritt die sehr oft besprochene und sehr bestrittene Bedeutung der Berberitze als einer Rostverbreiterin in erster Reihe hervor. Man fragt sich ganz natürlich, auf welche Weise die entdeckte Specialisirung des Pilzes die rostverbreitende Rolle dieses Strauches beeinflusst. Einerseits könnte man sich diesen Strauch als eine verbindende Brücke zwischen den im Uredostadium getrennten Pilzformen denken, da diese Formen sämmtlich die Berberitze anstecken können. In solchem Falle wäre die Berberitze als doppelt gefährlich anzusehen und wohl werth, vollständig ausgerottet zu werden, wenn das möglich wäre. Es lässt sich aber auch denken, dass die specialisirten Formen auch in dem Aecidiumstadium getrennt wären, dass es also in der That auch eine Mehrzahl von Becherrostformen auf der Berberitze gäbe, jede im Stande, nur diejenigen Gräser in der Umgebung anzustecken, welche die besonders ausgewählten Träger der Form ausmachen. Sollte diese Annahme die richtige sein, so wäre die Berberitze als ein nur in gewissen, und zwar sehr beschränkten Fällen dem Getreide gefährlicher Nachbar zu betrachten.

Diese wichtige Frage ist durch neue Versuche und Beobachtungen aus dem Jahre 1895 nicht unwesentlich beleuchtet

worden. Zu den früher verhältnissmässig wenigen Infectionsversuchen in laufenden Generationen aus dem Jahre 1894[1]) sind im Jahre 1895 recht viele neue hinzugekommen, deren Resultate in der untenstehenden Tabelle 2 zusammengestellt worden sind.

Das Verfahren bei den in diese Tabelle aufgenommenen Versuchen ist ein wenig verschieden gewesen. In den Serien I—V hat die Infection der Berberitze im Hause auf gewöhnliche, an anderem Orte[2]) näher beschriebene Weise stattgefunden. Die Gefahr einer unabsichtlichen Ansteckung anderswoher ist also, wenn nicht ganz ausgeschlossen — siehe Ser. V, No. 19 —, so doch auf ein Minimum reducirt worden.

Das Verfahren in den Serien VI—VII war folgendes. In einem recht grossen Gehölz am Experimentalfelde wurden vier Töpfe mit eingepflanzten Berberitzen ziemlich weit, wohl je 100 m von einander entfernt, am 13. October 1894 in die Erde gegraben. In jedem Topfe waren an einem in die Erde gesteckten hölzernen Stabe schwarzrostige Halmbündel festgebunden worden, in einem Topfe Halme vom Roggen, im zweiten von der Gerste, im dritten vom Hafer und im vierten vom Weizen. Jeder Topf wurde zum Schutze gegen Unfug von Seiten der Waldbesucher mit groben, an in dem Boden gesteckten Pfosten befestigten Schnüren eingehägt. In dem Gehölze hat in den letzteren Jahren kein schwarzrostiges Gras entdeckt werden können.

Beim ersten Nachsehen im Frühjahre 1895 war die Einhägung aller vier Töpfe in unbeschädigtem Zustande. Am Abend des 24. Mai wurden die Töpfe oder richtiger die in denselben befestigten Halme mit einer Giesskanne stark begossen, da die vorausgehende Zeit ungemein trocken gewesen war, mit nur 5,5 mm Niederschlag in etwa einem Monat von dem Eisschmelzen her. Die Begiessung geschah, um die Teleutosporen zum Keimen zu bringen. Die Berberitzen, die jetzt zahlreiche, gut entwickelte Blätter trugen, waren noch absolut rein, wie auch an anderen hiesigen Localitäten im Freien. Nur einige im Hause künstlich inficirte Berberitzen trugen zu dieser Zeit einzelne Rostflecken.

---

1) J. Eriksson, Ueber die Specialisirung etc., a. a. O., p. 304.

2) J. Eriksson und E. Henning, Die Getreideroste, Stockholm, 1896, p. 377; und J. Eriksson, Ueber die Specialisirung etc., a. a. O., p. 293.

In der darauf folgenden Nacht fiel endlich ein sehnlichst erwarteter Regen, 9,9 mm, und der folgende Tag war halbnebelig und heiss, für Sporenkeimung besonders günstig. Auch in der Nacht zwischen dem 25. und 26. Mai regnete es etwas. Wahrscheinlich fand eine Masseninfection vorzugsweise am 25. Mai statt. Bei Untersuchung der Pflanzen zehn Tage später wurden Spermogonien auf der Roggennummer als Spur, auf der Hafernummer spärlich und auf der Gerstennummer recht häufig wahrgenommen. An der Weizennummer aber war bei derselben Gelegenheit keine Spur von Rost zu entdecken.

Als Ende Juni mit den so erzogenen Aecidien Infection sollte vorgenommen werden, zeigte sich, dass zwei der Töpfe durch Unfug der Waldbesucher zerstört und unbrauchbar gemacht worden waren. Nur die mit Gersten- und die mit Haferschwarzrost inficirten Berberitzen konnten benutzt werden, aber in beiden Fällen nur mit recht dürftigem Materiale.

Im Wesentlichen ähnlich war das Verfahren in den Serien VIII bis XII, nur mit dem Unterschiede, dass die inficirten Pflanzen der gleichzeitigen Ansteckung aus anderen, theilweise sehr nahe gelegenen Quellen durchaus ausgesetzt waren.

Die Serien IX—XII waren durch das Aushängen rostiger Getreidehalme in einigen Berberitzenbeeten der hiesigen Baumschule vorbereitet. Diese Beete waren etwa 50 m lang und die Pflanzen kaum meterhoch. In den Gängen und auf den Rainen daneben, ja spärlich auch zwischen den Pflanzen selbst, kamen hier und da schwarzrostige Halme des *Triticum repens* vor. An jedem Ende von zwei solcher untereinander ziemlich (etwa 50 m) entfernten Berberitzenbeeten wurde ein Bündel schwarzrostiger Getreidehalme festgebunden, und zwar jede Getreideart für sich.

Im Sommer 1895 konnte zu der Zeit, als der Berberitzenrost in seiner besten Blüthe hätte stehen sollen, auffallender Weise kein reichlicheres Auftreten von Aecidien in der Umgebung der hier noch befestigten Halmbündel wahrgenommen werden, vielleicht denjenigen Berberitzenzweig ausgenommen, an dem das Bündel hing, sondern es schien der Rost über die ganze Länge des Beetes, und zwar recht spärlich, gleichmässig vertheilt zu sein. Am 8. Juli wurden im Umkreise jedes Halmbündels eine Anzahl rostiger Berberitzenblätter eingesammelt,

unter gebührender Vorsicht, damit die verschiedenen Formen nicht untereinander vermischt würden. Das eingesammelte Sporenmaterial wurde dann zur Keimung ausgelegt, unter Benutzung von Kälte[1]), um die Keimfähigkeit möglichst zu steigern, und in den darauffolgenden Tagen zum Inficiren benutzt.

Noch grösser als unter den jetzt geschilderten Verhältnissen war jedoch die Gefahr einer unabsichtlichen Infection von der Umgebung her in der Serie VIII. Das Material stammte hier von einem rostigen Mahoniastrauche, der im Versuchsgarten dicht neben einigen im Herbste 1894 für Ueberwinterung im Freien verpflanzten schwarzrostigen Haferhalmen wuchs. Der Mahoniastrauch ragte theilweise mit seinen Aesten über die rostigen Haferhalme und seine Beerentrauben trugen, besonders an den so überhängenden Zweigen, sehr reichlich Aecidien. Ausserdem fanden sich indessen in einer Entfernung von nur 1—4 m (vergl. p. 514 unten) auch Halme anderer schwarzrostiger Grasarten: wie *Triticum repens* und *Bromus secalinus* mit f. sp. *Secalis; Triticum vulgare* mit f. sp. *Tritici; Aira caespitosa* mit f. sp. *Airae* u. s. w.

Die gewonnenen Ergebnisse liefern in den Topfversuchen im Hause, Serien I—V, eine gute Bestätigung der Ansichten, die ich in Folge der Versuche von 1894 schon im vorigen Jahre aussprach, dass die Specialisirung des Pilzes auch im Aecidiumstadium durchgeführt ist. Aus der hier unten gegebenen Tabelle 3, wo die Versuchsresultate der sämmtlichen Jahre zusammengestellt worden sind, findet man, dass diejenigen Aecidien, welche aus der f. sp. *Secalis* auf *Secale cereale* und *Triticum repens* erzogen waren, positive Ergebnisse nur auf *Secale cereale, Hordeum vulgare* und *Triticum repens* gaben, nicht auf *Triticum vulgare* und *Avena sativa;* dass die Aecidien der f. sp. *Avenae* auf *Avena sativa, Milium effusum* und *Dactylis glomerata* nur *Avena sativa* ansteckten; und endlich die aus der f. sp. *Poae* auf *Poa compressa* erzogenen Aecidien mit Sicherheit nur *Poa compressa* selbst ansteckten.

---

1) Vergl. J. Eriksson, Ueber die Förderung der Pilzsporenkeimung durch Kälte. Centralbl. f. Bakt. u. Parasitenkunde, 1895, Abth. 2, p. 557 ff.

Infectionsversuche mit *Puccinia graminis* [illegible]

Puccinia			*Aecidium*						
Infections-		die Herkunft des Infectionsmaterials	die Infection ausgeführt		Zahl der Aecidienflecken	Infections-		Keimfähigkeit des Infectionsmaterials	
Serie	Tag		auf	im		No.	Tag	Grad	[illegible]
I	10./5.	***Secale cereale***	*Berberis vulgaris*	Infectionshaus	57	1	28./6.	2	[illegible]
						2	„	„	„
						3	„	„	„
						4	„	„	„
II	10./5.	***Triticum repens***	*Berberis vulgaris*	Infectionshaus	33	5	11./6.	3	44
						6	„	„	„
						7	„	„	„
						8	„	„	„
						9	„	„	„
III	10./5.	***Avena sativa***	*Berberis vulgaris*	Infectionshaus	44	10	15./6.	3	21
						11	„	„	„
						12	„	„	„
						13	„	„	„
IV	10./5.	***Triticum vulgare***	*Berberis vulgaris*	Infectionshaus	43	14	15./6.	2	24
						15	„	„	„
						16	„	„	„
						17	„	„	„
V	21./5.	***Poa compressa***	*Berberis vulgaris*	Infectionshaus	44	18	20./6.	4	14
						19	„	„	„
						20	„	„	„
						21	„	„	„
						22	„	„	„

ɜn Generationen im Jahre 1895.

Tabelle 2.

Uredo																													
ɛe Pflanzen		Infections-stellen		Resultat																									
				+	Anzahl der Rostflecken nach Tagen																								
rt	An-zahl	An-zahl	Lage	—	9	10	11	12	13	14	15	17	18	20	21	23	24	25	26	27	30	31	32	36	39	41	43	50	51
lgare	3	25	Blätter	—																									
ı ***vulgare***	„	26	„	+	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3										
z	„	25	„	—																									
ʳeale	„	28	„	+	1	.	.	.	18	.	.	.	.	.	.	.	22	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	22	
z	3	22	Blätter	—																									
lgare	„	24	„	—																									
ı ***vulgare***	„	23	„	+	.	.	.	.	.	1																			
ʳeale	„	25	„	+	.	.	.	.	.	7	.	.	.	9	.	11	.	.	.	.	12								
repens	„	36	„	+	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4			
lgare	3	26	Blätter	—																									
le	„	28	„	—																									
lgare	„	26	„	—																									
tiva	„	25	„	+	.	25																							
le	3	23	Blätter	—																									
z	„	15	„	—																									
vulgare	„	23	„	+	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1					
ı ***vulgare***	„	22	„	+	.	1	.	2	.	.	4	.	7	.	.	.	.	.	8	.	.	.	.	8					
lgare	3	20	Blätter	—																									
le	„	28	„	[+][1]	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2							
z	„	24	„	—																									
's	4	35	„	—																									
ıressa	„	43	Blätter, Halme, Scheiden	+	.	.	.	.	.	.	18	.	.	.	28	.	.	.	.	.	.	31	.	.	.	32			
lgare	3	24	Blätter	—																									
z	3	20	Blätter	—																									
'gare	„	23	„	—																									
vulgare	„	27	„	+	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2												

ıussen unabsichtlich, z. B. durch Fliegen, zugeführten Infectionsstoffe der f. sp. *Secalis* ent-
ıchzeitig vorkam. Auch die Lage der Rostflecken nebeneinander an einem obersten Blatte,

Tabelle 2 (Fortsetzung).

Uredo

Pflanzen		Infectionsstellen		Resultat	Anzahl der Rostflecken nach Tagen																								
t	Anzahl	Anzahl	Lage	+ / —	9	10	11	12	13	14	15	17	18	20	21	23	24	25	26	27	30	31	32	36	39	41	43	50	51
e	3	28	Blätter	—																									
gare	„	22	„	—																									
iva	„	30	„	+	.	19	.	.	.	21	.	.	.	.	.	.	21	.	.	22	.	.	.	.	.	.	.	.	22
e	3	23	Blätter	—																									
gare	„	22	„	—																									
gare	„	21	„	—																									
iva	„	17	„	+	17																								
gare	3	18	Blätter	—																									
	„	16	„	—																									
vulgare	„	19	„	+	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2				
eale	„	17	„	+	.	9	.	.	.	16	.	17																	
gare	3	21	Blätter	[+][1])	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1				
	„	16	„	—																									
eale	„	20	„	+	.	.	.	4	.	.	6	.	8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8				
vulgare	„	20	„	+	.	.	.	1	.	.	2	.	4	.	.	.	.	4	.	.	.	.	6	.	6				
gare	3	22	Blätter	—																									
s	„	20	„	+	.	.	.	4	.	.	7	.	9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9		
gare	„	18	„	+	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	3		
iva	„	11	„	+	.	.	.	9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9		
	3	16	Blätter	—																									
gare	„	19	„	+[2])	.	.	.	5	.	.	6	.	10	.	.	.	.	11	.	.	.	.	.	.	.	.	11		
s	„	17	„	+	.	.	.	2	.	.	3	.	4	.	.	.	.	7	.	.	.	.	.	.	.	.	7		
vulgare	„	17	„	+	.	.	.	1	.	.	2	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3		

enbeete rostige Weizenhalme fanden, welche diejenigen Berberitzenblätter ansteckten, von
f. sp. *Tritici*, welche in demselben Zimmer gleichzeitig vorkam, übertrugen.
bundenen Weizenhalmen herrühren.

Gerste, nicht aber auf Weizen und Hafer, ebenso wie die aus der f. sp. *Avenae* auf Hafer erzogenen auf Hafer[1]), nicht aber auf Roggen und Weizen. Die Uebereinstimmung mit den Resultaten der kleinen Versuche, die vom Anfange bis zum Ende im Hause stattgefunden hatten, war also eine vollständige.

In derselben Richtung gingen auch die Resultate der Versuchsserien IX—XII (Tabelle 2), wo das Material aus dem Baumschulebeete mit seinen meistens nur kleineren, $^1/_2$—1 m hohen Pflanzen geholt worden war. In der Roggenserie (IX) lassen sich die positiven Ausschläge auf Roggen und Gerste theils aus den ausgehängten Roggenhalmen, theils aus dem in dem Pflanzenbeete als Unkraut vorkommenden *Triticum repens* genügend erklären; die Weizen- und Haferpflanzen blieben hier rein. In der Haferserie (XI) kann man die positiven Ausschläge auf Hafer aus den ausgehängten Haferhalmen herleiten, sowie diejenigen auf Roggen und Gerste aus den ursprünglichen Queckenhalmen des Beetes; hier blieben nur die Weizenpflanzen rein. In der Weizenserie (XII) ist der Ursprung der positiven Ausschläge auf Weizen in den ausgehängten Weizenhalmen zu suchen, diejenigen auf Roggen und Gerste theils in den wild wachsenden Queckenhalmen, theils in den genannten Weizenhalmen, da der Weizenschwarzrost auch auf andere Getreidearten als Weizen übergehen kann.

Nur in der Gerstenserie (X) begegnet uns eine Schwierigkeit bei der Erklärung der erhaltenen Resultate, doch nicht rücksichtlich der positiven Ausschläge auf Roggen und Gerste, welche ja ganz natürliche Folgen theils der ausgehängten Gerstenhalme, theils der nebenan wild wachsenden Queckenhalme sind, auch nicht in den erfolglosen Infectionen auf Hafer, um so mehr aber durch einen positiven Ausschlag auf Weizen, da keine Quelle dazu aus der Umgebung der Berberitze bekannt war. Als umstürzend oder nur als wesentlich erschütternd für die Lehre von

1) Es sei hier besonders hervorgehoben, dass in diesem sowie allgemein auch in anderen Versuchen mit der f. sp. *Avenae* die positiven Resultate so zahlreich sind. Es scheint, als ob der Haferschwarzrost eine grössere Lebensenergie als die Schwarzrostformen der übrigen Getreidearten besässe. Wenn dem so ist, so könnte man darin eine Ursache davon suchen, dass in unseren Tagen der Hafer schwerer durch den Schwarzrost leidet als die übrigen Getreidearten.

Von einem besonderen Interesse ist die Infectionsserie IV der Tabelle 2 mit aus der f. sp. *Tritici* auf Weizen erzogenen Aecidien. Auf Grund der früher mit dieser Form ausgeführten *Uredo*-Infectionsversuche liess sich denken, dass diese Form sich anders als die übrigen Formen in der Hinsicht verhalten könne, dass daraus erzogene Aecidiensporen noch anderes Getreide als Weizen anstecken könnten. Die jetzt zum ersten Male ausgeführten derartigen Versuche zeigen die Richtigkeit einer solchen Voraussetzung, wenigstens der Gerste gegenüber. Die Form des Weizens ging mit dem Berberitzenäcidium als Brücke auch auf Gerste über, und zwar eigenthümlicher Weise in mehr Fällen (8 unter 22) als auf Weizen selbst (1 unter 23).

Der Zweck derjenigen *Berberis*- und *Mahonia*-Infectionen, welche im Freien — im Walde, in der Baumschule und im Versuchsgarten — ausgeführt wurden, war zweifacher Art. Theils würden dadurch normal entwickelte und zugleich für Infection wahrscheinlich geeignetere Aecidien gewonnen werden können, als durch die in artificiellen Kulturen im Hause erzogenen, da diese auf Kosten, wie es scheint, einer herabgesetzten Sporenbildung zu unnatürlich langen Röhren auswachsen[1]). Theils würde dadurch eine Möglichkeit gegeben sein, die Resultate der im Hause ausgeführten kleinen Versuche in ihrer Anwendung auf Freilandkulturen im Grossen zu prüfen, inwiefern es nämlich möglich wäre, eine gewisse Berberitze — durch Isolirung der Pflanze im Walde — allein mit einer gewissen Schwarzrostform zu inficiren, und innerhalb welcher Entfernung da aussen auf dem freien Felde eine Verbreitung der Sporidien der einzelnen Formen auf die Berberitzensträucher in der That nachweisbar sei. Besonders in der zuletzt ausgeführten Hinsicht bringen die angeordneten Versuche sehr beleuchtende, zugleich auch sehr überraschende Resultate zum Vorschein.

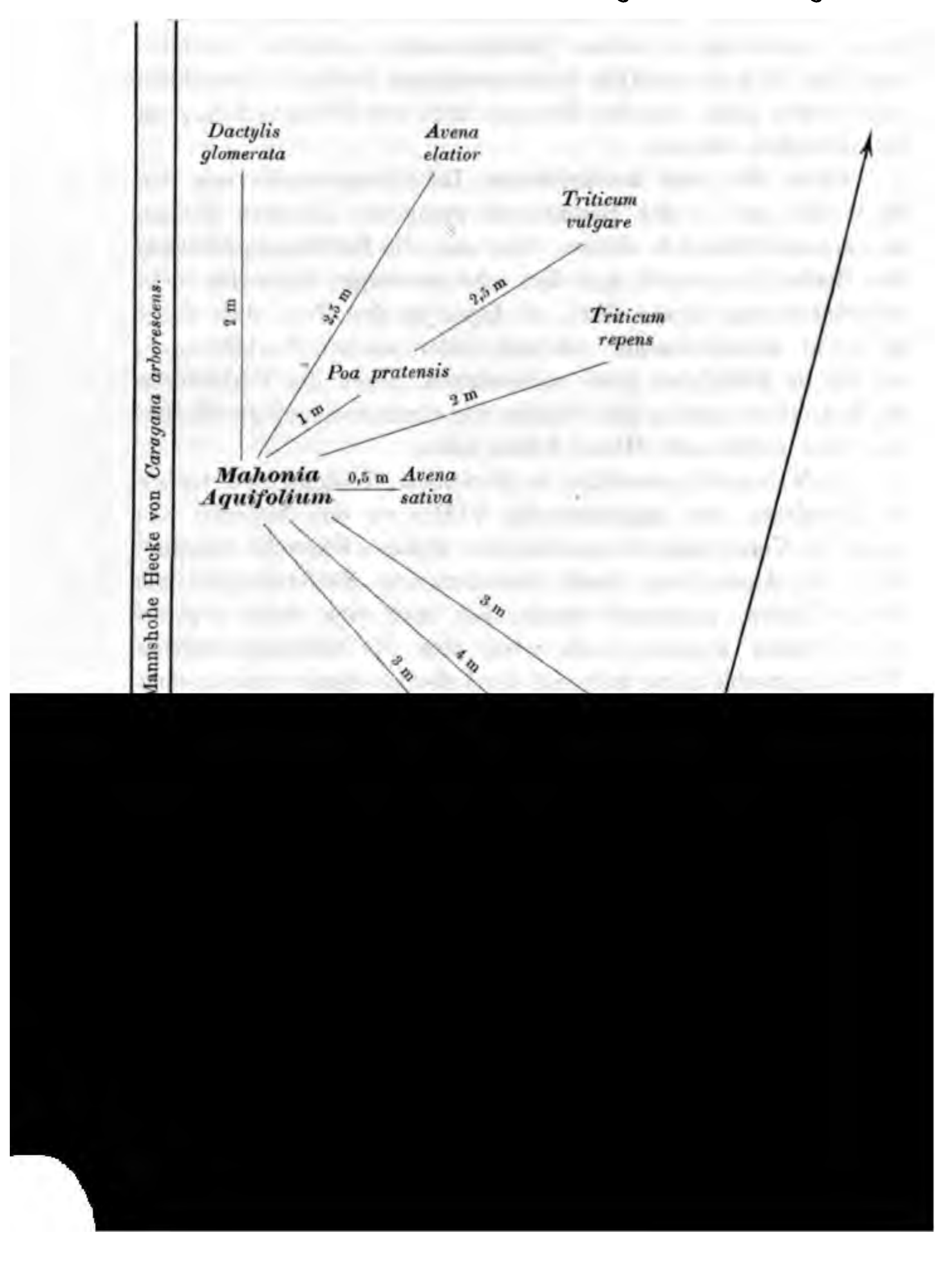
Die Resultate aus den Aecidien der im Walde vergrabenen und daselbst inficirten Berberitzen beweisen, dass ein Waldstrich von 100 m unter in jenem Frühjahre vorhandenen Verhältnissen genügt, um eine Pflanze zu isoliren. Die aus der f. sp. *Secalis* auf Gerste erzogenen Aecidien lieferten positiven Ausschlag auf

1) J. Eriksson und E. Henning, Die Getreideroste, p. 382.

halmen war jedoch auf den in der Serie gleichzeitig vorkommenden Roggen- und Weizennummern zu entdecken. Diese beiden Nummern hielten sich durchaus rein.

Grundriss einer Abtheilung des Versuchsgartens im Frühjahre 1895.

Ein *Mahonia*-Strauch von schwarzrostigen Gräsern umgeben.



Die Reinheit erklärt sich weder daraus, dass die Teleutosporen der Quecken- und Weizenhalme nicht hätten keimen und also den *Mahonia*-Strauch nicht hätten anstecken können, denn aus denselben Halmen stammte das Infectionsmaterial einiger im Hause ausgeführten, sehr erfolgreichen Versuche, noch auf die Weise, dass die *Mahonia*-Beeren nur durch die f. sp. *Avenae* inficirt werden könnten, denn im Jahre 1894 wurden im Experimentalfeld Infectionsversuche aus *Mahonia*-Beeren, die offenbar die f. sp. *Secalis* trugen, ausgeführt[1]), und einige von C. B. Plowright in England im Jahre 1883 ausgeführte ähnliche Versuche zeigen auf das Vorhandensein einer Infection mit f. sp. *Tritici*[2]).

Die Resultate der jetzt beschriebenen Versuche mit Infectionsmaterial aus Wald, Baumschule und Versuchsgarten dürften wohl Jedem recht überraschend vorkommen, da man ja zur Erklärung des Auftretens des Schwarzrostes am Getreide bisweilen seine Zuflucht zu der Vermuthung genommen hat, es könne eine Ansteckung desselben durch eine halbe, ja eine ganze Meile entfernte Berberitzensträucher zu Stande kommen. Man hat sogar die Frage aufgeworfen, inwiefern das Auftreten des Weizenschwarzrostes auf den Ebenen Indiens sich durch die auf dem Himalaya, 300 englische Meilen entfernten Berberitzensträucher erklären lasse[3]). In den soeben geschilderten Versuchen hat ein Waldstrich von nur 100 m Durchschnitt sich absolut isolirend gezeigt, ja sogar die Entfernung von ein paar Meter ohne irgend welche Einzäunung ist hinreichend gewesen, um jede sichtbare Einwirkung einer ansteckungsfähigen Nachbarschaft zu hindern.

Man wird vielleicht diese Resultate durch die Behauptung entkräften wollen, dass dieselben allein dastehen und in einem für Ansteckung höchst ungünstigen Jahre erhalten worden seien. In der That ist jedoch keiner dieser Vorwände hinreichend, wie gewisse andere Beobachtungen, theilweise aus anderen Jahren, an die Hand geben.

---

1) J. Eriksson, Ueber die Specialisirung etc., p. 306.

2) C. B. Plowright, Mahonia Aquifolia as a Nurse of the Wheat Mildew. Proc. of the R. Soc. of London, 1883.

3) A. Barclay, Rust and Mildew in India. Journ. of Bot., Vol. 30, London 1892, p. 47.

Eine derartige Beobachtung aus dem Jahre 1895 mag hier zuerst Erwähnung finden. Nicht weit von dem oben besprochenen *Mahonia*-Strauche entfernt wuchs im Versuchsgarten ein recht grosser Strauch der *Rhamnus cathartica*. Dieser stand den ganzen Sommer hindurch so gut wie rein — es kamen am ganzen Strauche nur 2—3 Aecidienflecken vor —, obgleich an zwei Stellen in der unmittelbaren Nähe grosse Rasen von *Festuca elatior* sich befanden, von denen der eine nur etwa 1 m und der andere 8 m entfernt waren, beide äusserst reichlich mit *Puccinia coronata* in durchaus keimfähigen Zustande besetzt. Dass die Keimfähigkeit sowie die inficirende Kraft der Teleutosporen gross war, ging aus besonderen im Hause ausgeführten, sehr erfolgreichen Infectionsversuchen hervor. Ebenso verhielt es sich mit einer Hecke derselben Straucharten an einem Fahrwege des Experimentalfeldes. Die Hecke stand den ganzen Sommer 1895 rein, obgleich an der anderen Seite des Weges *Festuca elatior*, im vorigen Herbste mit *Puccinia coronata*, auch im *Puccinia*-Stadium, überall häufig wuchs.

Auch aus anderen Jahren liegen noch Beobachtungen vor, theilweise mit anderen Arten von Rostsporen, welche Beobachtungen in derselben Richtung laufen, dass nämlich die Verbreitung der Krankheit mittels der durch die Winde umhergeführten Sporen thatsächlich von keinem so grossen, ja fast allein herrschenden Gewicht ist, wie man es bis dahin für ein unbestreitbares Axiom gehalten hat. Einige dieser recht zahlreichen Beobachtungen mögen hier referirt werden.

In dem öfters genannten Versuchsgarten wurde im Frühjahre 1891 eine kleine Parzelle mit *Poa nemoralis* besäet und im Herbste desselben Jahres wurden am 30. October in einer Entfernung von etwa 30 m einige Rasen derselben Grasart, welche reichlich *Uredo Poarum* trugen, daselbst eingepflanzt. Die die beiden Nummern betreffende Annotirung während der folgenden Jahre klärt Folgendes auf. Die als rostig verpflanzten Rasen trugen reichliche *Uredo* im Jahre 1891 (30. October bis 5. November), 1892 (31. Mai bis 13. November), 1893 (16. Juni bis 16. August), 1894 (2. Mai bis 16. Juli) und 1895 (30. August bis 24. October). Die besäete, nur 30 m nördlich davon gelegene Parzelle wurde annotirt im Jahre 1891 (2.—14. November) als

rostig nur auf einigen Blättern; 1892 (24. April) als rostig auf einem Blatte, sonst (7. Mai bis 16. August) als rein; 1893 das ganze Jahr hindurch rein; 1894 (7. Mai, 16. August und 4. October) als sehr spärlich rostig, sonst rein; und endlich 1895 (30. April und 16. October) rein. Die Verbreitung des Rostes mittels *Uredo*-Sporen zeigte sich also hier in einer Entfernung von 30 m als nur sehr unbedeutend.

Ein anderes Beispiel bieten einige im Herbste 1893 in den Versuchsgarten verpflanzte, ursprünglich reine Rasen von *Lolium perenne*, welche sich überraschend rein gehalten haben, auch nachdem sie im Jahre 1894 am 1. August einige von *Uredo coronata* sehr stark befallene, in den Garten verpflanzte Rasen derselben Grasart in einer Entfernung von 6 m zu Nachbarn bekommen hatten. Diese Rasen trugen stets, im Jahre 1894 bis zum Eintritt des Winters und im Jahre 1895 vom 29. August bis 14. October, sehr reichlich *Uredo*-Pusteln. Die früher eingepflanzten, von Anfang an reinen Pflanzen blieben das ganze Jahr 1894 hindurch völlig rein und zeigten im Jahre 1895 nur am 29. August und am 14. October äusserst kleine Spuren von Rost auf einigen Blättern.

Ein noch grösseres Interesse, da die Frage von der Berberitze als Verbreiterin des Schwarzrostes speciell beleuchtend, haben jedoch einige Beobachtungen aus dem Sommer 1894 rücksichtlich des ersten Hervortretens der *Uredo graminis* an wild wachsenden Sprossen des *Triticum repens* in verschiedener Entfernung von einem am Versuchsfeld befindlichen Berberitzengebüsch. Um dieser Beobachtungen willen wurden Anfang Juni des genannten Jahres numerirte Holzpfähle neben soeben schiessenden Sprossen des *Triticum repens* in folgenden Entfernungen von dem Berberitzengebüsch in den Boden eingerammt: I 1 m östlich davon, II 10 m östlich, III 25 m östlich, IV 50 m östlich, V 70 m östlich, VI 100 m östlich, sämmtlich auf dem Acker, und VII 25 m nordöstlich davon, VIII 40 m nordöstlich, IX 75 m nordöstlich und X 100 m nordöstlich, die vier letzten auf dicht grasbewachsenem Raine.

Die Resultate der von Zeit zu Zeit vorgenommenen Untersuchungen der so markirten Sprossen gehen aus der unten stehenden Tabelle 4 (p. 519) hervor. Die Rostigkeitsgrade sind hier

wie folgt: 0 = kein, 1 = Spur von, 2 = spärlicher, 3 = ziemlich viel und 4 = viel Rost. Mit fetten Lettern sind die Gradzahlen gedruckt, welche ausschliesslich oder theilweise Blattspreiten-Pusteln bezeichnen, mit gewöhnlichen Lettern aber diejenigen, die Scheiden-Pusteln angeben. Eingeklammert sind die Gradzahlen, wo nur äusserst geringe Spuren von Rost — z. B. eine einzige, noch nicht völlig offene Pustel — beobachtet wurden.

Um die Bedeutung dieser Tabelle recht zu verstehen, muss man den Zeitpunkt des ersten Hervortretens des Becherrostes sowie dessen Fortdauer an der Berberitze kennen. Nach gemachten Notizen verhielt es sich hiermit auf folgende Weise:

am 11. Mai: Spermogonien recht häufig;
„ 26. Mai: Aecidien zahlreich, recht allgemein geöffnet;
„ 4. Juni: Aecidien zahlreich, auf den am Boden liegenden Zweigen gleichzeitig auf Blüthenstielen und Kelchen;
„ 14. Juni: Aecidien zahlreich;
„ 15. Juni: Aecidien zahlreich, besonders auf Früchten;
„ 18. Juni: Rost jetzt im Abnehmen, am meisten auf Früchten;
„ 23. Juni: Rost jetzt im Abnehmen, am meisten auf Früchten;
„ 3. Juli: Alte Aecidien ziemlich vorbei, einige neue auf neuen Blättern.

Wenn man bedenkt, dass zwischen dem 26. Mai und dem 4. Juni zahlreiche offene Aecidien vorhanden waren, und unter der Voraussetzung einer Incubationsdauer von 10—15 Tagen konnte man erwarten, offene *Uredo*-Pusteln an den Queckensprossen zwischen dem 5. Juni und dem 19. Juni zu finden. Thatsächlich kamen solche am 18. Juni vor, jedoch nur auf den dem Berberitzengebüsch nächsten Sprossen und nur auf den Blattspreiten derselben.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass diese jungen Blattpusteln durch directe Infection von den benachbarten Berberitzenäcidien her entstanden sind. Es ist indessen sehr bemerkenswerth, dass der Einfluss der Berberitze als Rostverbreiterin sich nur auf diesen nächsten Pflanzen kundgab. Die 25 m weit entfernten Sprossen standen ganz rein, ja noch fünf Tage später war es nicht möglich, von einer ansteckenden Einwirkung der Berberitze auf diese Sprosse überzeugt zu werden.

Uredo graminis auf wild wachsenden Sprossen von *Triticum repens* in verschiedenen Entfernungen von einem Berberitzengebüsch im Sommer 1894.

Tabelle 4.

Beobachtungstage	Rostigkeitsgrad									
	an dünn stehenden Sprossen auf dem Acker, östlich von dem Berberitzengebüsch						an dicht gedrängten Sprossen auf dem grasbewachsenen Raine, nordöstlich von dem Berberitzengebüsch			
	I 1 m	II 10 m	III 25 m	IV 50 m	V 70 m	VI 100 m	VII 25 m	VIII 40 m	IX 75 m	X 100 m
18. Juni . . .	(1) [nur auf einem Blatte]	(1) [nur auf einem Blatte]	0	0	0	0	0	0	0	0
23. Juni . . .	1 [nur auf einigen Blättern]	1 [nur auf drei Blättern]	0	0	0	0	(1) [nur auf einer Scheide]	(1) [nur auf einer Scheide]	0	0
3. Juli . . .	2 [nur auf Blättern]	2 [auf einigen Blättern; auf einigen Scheiden]	1	0 [die Sprosse sehr schwach; Rostigkeitsgrad 1 auf dem Raine daneben]	1 [die Sprosse kräftig]	1 [Rostigkeitsgrad 1 auf Roggen daneben]	2	2	0	1
13. Juli . . .	3 [meistentheils auf Scheiden]	3 [meistentheils auf Scheiden]	1 [meistentheils auf Scheiden]	† [die Sprosse zerstört; Rostigkeitsgrad 1 auf dem Raine daneben]	2	2 [Rostigkeitsgrad 2 auf Roggen daneben]	3 [auch in Aehren]	3 [meistentheils auf Scheiden; auch in Aehren]	1 [unten auf einer Scheide]	2
2. August . .	4 [Blätter fast rein]	3 [auf neuen Sprossen]	† [die Sprosse zerstört]	† [Rostigkeitsgrad 4 auf dem Raine daneben]	4 [Rostigkeitsgrad 1 auf Gerste daneben]	4	4 [auch in Aehren]	4	3 [reichlich in Aehren]	3

Im ersten Augenblicke möchte man vielleicht die an den Nummern VII und VIII in einer Entfernung von 25 m und 40 m auf den Rainen hervorbrechenden Pusteln dahin rechnen. Es sind jedoch Gründe vorhanden, die Herkunft dieser Pusteln von den rostigen Berberitzen her zu bezweifeln. Diese Gründe liegen besonders in der Localisirung dieser Pusteln an der Pflanze. Beim Studium der Tabelle wird man finden, dass Blattpusteln, in der Tabelle mit fetten Lettern gedruckt, die ganze Observationsdauer hindurch so gut wie nur auf denjenigen Nummern auftreten, welche in der allernächsten Nachbarschaft der Berberitzen wuchsen, d. h. an I und II 1—10 m entfernt, besonders am ersten, zweiten und dritten Beobachtungstage. Man muss ferner darauf Acht geben, dass Scheidenpusteln, die ungleich gewöhnlichste, ja in der Regel die fast einzige Form von Schwarzrost bei dieser Grasart[1]), an I und II weder am ersten, noch am zweiten Beobachtungstage zum Vorschein kamen, der unmittelbaren Nachbarschaft der Berberitze zum Trotze, ja, dass es an solchen Pusteln bei I, der für die Ansteckung am meisten ausgesetzten, noch am dritten Beobachtungstage vollständig fehlte, während der Rostigkeitsgrad der Blätter gleichzeitig mit 2 bezeichnet wurde.

Die ersten jungen Scheidenpusteln traten an den kräftig bewurzelten und üppig wachsenden Rainnummern VII und VIII am zweiten Beobachtungstage (23. Juni) und zehn Tage später (3. Juli) an den meisten übrigen Nummern auf, von der jeweiligen Entfernung der Berberitzen unabhängig, die Nummern IV und IX ausgenommen, an deren sehr schwach entwickelten Pflanzen noch keine Pusteln entdeckt werden konnten.

Diese Thatsachen vor Augen und da übrigens in den Fällen, wo eine künstliche Infection zugleich auf Scheiden vorgenommen worden ist (vergl. z. B. Tab. 2, Ser. V, No. 22), keine längere Incubationsdauer als bei den Infectionen auf Blättern zum Vorschein gekommen ist, kann man kaum umhin, die Frage aufzuwerfen, ob nicht etwa nur die in der unmittelbaren Nachbarschaft

1) Es ist auch an anderem Orte (J. Eriksson und E. Henning, Die Getreideroste, p. 109) als auffällig hervorgehoben, dass während bei der Quecke die Scheiden, Halme und Aehren im Allgemeinen sehr schwer schwarzrostig sind, die Spreiten in der Regel verschont bleiben.

der Berberitzen auf Blattspreiten schon sehr früh hervortretenden *Uredo*-Pusteln durch eine Ansteckung von diesen Sträuchern her zu erklären seien, die auf den Scheiden etwas später und zuerst an den kräftigsten Stauden auftretenden Pusteln dagegen aus einem inneren Krankheitsstoffe erklärt werden müssen, der entweder schon den Winter über in den Geweben des Halmes oder richtiger der Halmanlage lebte, oder erst im Frühjahre durch die dann keimenden Teleutosporen in die junge Keimpflanze eindrang. Das ungefähr gleichzeitige und von der Entfernung der Berberitze ganz unabhängige Hervortreten der Scheidenpusteln an sämmtlichen Beobachtungsnummern, sowie der Umstand, dass solche Pusteln nicht einmal an den der Ansteckung von der Berberitze her am meisten ausgesetzten Nummern eher entstehen als zu der Zeit, da solche an sämmtlichen Nummern hervorbrechen, d. h. zu der, man könnte wohl sagen, normalen Entstehungszeit —, diese Umstände geben sehr wichtige Gründe ab, die obige Hypothese aufzustellen.

Wir sind hiermit auf einem Gebiet angelangt, das von grösstem Interesse sowohl in theoretischer als auch in praktischer Hinsicht, wahrscheinlich auch von grosser allgemeiner Bedeutung ist. Es gilt das Stehen oder Fallen der Grundfeste, worauf die allgemeine Auffassung hinsichtlich der Herkunft und Verbreitung der verheerendsten Pflanzenkrankheiten, ja der Grundfeste, worauf die Phytopathologie überhaupt in unseren Tagen vorzugsweise basirt, nämlich der Voraussetzung, dass die Hauptquelle der Entstehung und Verbreitung der Krankheiten in den durch die Luft, das Wasser oder den Boden weiter befördernden Ansteckungstoffen zu finden sei[1]). Diese Frage ist aber offenbar auch von grosser praktischer Bedeutung. Ist nämlich die theoretische Voraussetzung, von der man bei den praktischen Bestrebungen, die Zerstörungen der Krankheiten zu beschränken, ausgegangen ist, ist diese Voraussetzung im Wesentlichen falsch, so müssen auch die Bestrebungen selbst für wesentlich fruchtlos und die darauf verwandten Kosten für unnütz ausgegeben gehalten werden. Man muss aber dann auch darauf bedacht sein, bei

1) Ich hoffe zu dieser wichtigen Frage an anderem Orte recht bald zurückkommen zu können.

einem fortgesetzten Kampfe gegen die Zerstörer neue Wege einzuschlagen, und man darf hoffen, mit der Zeit bessere Mittel als die jetzt bekannten ausfindig zu machen, um die Feinde in Schranken zu halten.

Durch die hier oben vorgelegten neuen Versuche und Beobachtungen dürfte man mit mehr oder weniger grosser Wahrscheinlichkeit, ja in gewissen Fällen mit Sicherheit, Folgendes für festgestellt erachten:

1. dass es vom [illegible] wa[illegible] *Puccinia graminis* Pers.) mehrere untereinander [illegible] h getrennte (specialisirte) Formen giebt, welche [illegible] nur in ihrem auf den Grasarten lebenden Ure[illegible] d Teleutosporenstadium, sondern auch in i[illegible] f der Berberitze und Mahonia lebenden Aecidiumst[illegible] getrennt sind;
2. dass es an unseren G[illegible] idearten drei solche Formen giebt: 1. Rogge[illegible] warzrost (f. sp. *Secalis*) auf Roggen und Gerste, [illegible] aber auf *Triticum repens*, *T. caninum*, *Bromus secalinus* [illegible] *Elymus arenarius*, 2. Haferschwarzrost (f. sp. *Aven*[illegible] auf Hafer, zugleich aber auf *Dactylis glomerata*, *Alopecurus pratensis*, *Milium effusum*, *Avena elatior* u. a., und 3. Weizenschwarzrost (f. sp. *Tritici*) auf Weizen;
3. dass die Schwarzrostformen des **Roggens und des Hafers** an je ihre bestimmten **Grasarten streng gebunden** (scharf fixirt) sind, in Folge **dessen ein Uebergang** dieser Formen auf andere Grasarten **in der Natur nicht zu** befürchten ist;
4. dass die Schwarzrostform des **Weizens insoweit von** denjenigen der anderen Getreidearten **verschieden ist, dass** dieselbe (weniger scharf fixirt) in **einzelnen Fällen,** sowohl in ihrem Uredo- als in **ihrem Aecidiumstadium,** auch andere benachbarte Getreidearten, **wenigstens Roggen** und Gerste, anstecken kann;
5. dass die übrigen unterschiedenen **Schwarzrostformen,** f. sp. *Airae*, f. sp. *Poae* und f. sp. *Agrostis*, **soweit bisher**

bekannt ist, als dem Getreide vollkommen unschädlich zu betrachten sind;

6. dass, da die Berberitze und die Mahonia eine Mehrzahl biologisch getrennter Aecidienformen trägt, von denen eine dem Schwarzroste des Roggens und der Gerste entspricht, eine andere dem des Hafers u. s. w., eine rostige Berberitze und Mahonia nur die Getreideart bezw. -arten anstecken kann, zu welcher bezw. welchen die in jedem Falle vorliegende Rostform gehört, wenn man jedoch die mit Weizenschwarzrost inficirte Berberitze ausnimmt, welche nicht nur Weizen, sondern auch übrige Getreidearten, wenigstens Gerste (? und Roggen), anstecken kann;

7. dass in Folge dessen der Landwirth selbst, wenn er nur genau darauf Acht giebt, welche Grasarten sich in der nächsten Umgebung des Berberitzenstrauches im vergangenen Herbste und Winter vorfanden und also den Strauch haben anstecken können, die Schädlichkeit eines Strauches mit grosser Sicherheit im Voraus beurtheilen und danach bestimmen kann, ob er mit Rücksicht auf die anzubauende Getreideart die Berberitzen entfernen muss, oder diese mühsame und kostspielige Arbeit ohne Schaden auf mehrere Jahre vertheilen kann;

8. dass die Verbreitung des Schwarzrostes von rostigen Grasarten her auf die Berberitze sowie von diesem Strauche auf die Grasarten, wenigstens in gewissen (dürren) Jahren, nicht nur durch einen Waldstrich von verhältnissmässig geringem (100 m) Durchschnitt, sondern auch durch recht unbedeutende (10—25 m) offene Entfernungen gestört oder sogar ganz aufgehoben wird;

9. dass man, wenn man über einen die Berberitze umgebenden Kreis mit 25 m Radius hinausgeht, den Schwarzrost in allen Entfernungen fast gleichzeitig auftreten findet, nur nach der verschiedenen Ueppigkeit der Pflanzen etwas verschieden, und zwar so, dass die üppigsten Pflanzen zuerst rostig werden; und

10. dass dieses, von den benachbarten Berberitzen unabhängige, gleichzeitige Hervortreten der ersten Uredopusteln, sowie gewisse Unterschiede in der Localisirung der ersten Uredohäufchen in der Nähe der Berberitze (an den Blattspreiten der Gräser) und von dieser entfernt (an den Scheiden und Halmen der Gräser) zu der Hypothese berechtigt, dass im Grossen die ersten Uredopusteln meistentheils keiner näheren oder entfernteren Nachbarschaft der Berberitze, weder direct noch indirect, sondern einer inneren Krankheitsquelle in der Graspflanze selbst ihre Herkunft verdanken, mag diese Quelle so entstanden sein, dass die junge Pflanze im Frühjahre durch keimende Teleutosporen inficirt worden sei, oder so, dass die Pflanze von einem Jahre zum anderen einen Krankheitsstoff in sich schliesse.

Ueber die Gallen der Rotatorie *Notommata Wernecki* auf *Vaucheria Walzi* n. sp.

Von

W. Rothert.

Hierzu Tafel VIII und IX.

Einleitung.

Die eigenthümlichen Gebilde, denen der vorliegende Artikel gewidmet ist, sind schon seit lange bekannt. Schon Vaucher[1]) beobachtete bei verschiedenen Arten seiner *Ectosperma* ziemlich häufig voluminöse Auswüchse von verschiedener Form, welche einen beweglichen schwarzen Punkt enthielten; er isolirte den „schwarzen Punkt" aus den Auswüchsen, erkannte ihn als ein Thier, welches er für *Cyclops lupula* hielt, und verglich die durch dasselbe bewirkten Auswüchse der Alge mit den bei höheren Pflanzen vorkommenden Gallen. Später wurden diese Gallen noch mehrfach beobachtet. Ehrenberg erkannte die Zugehörigkeit des Parasiten zu den Rotatorien und nannte ihn *Notommata Wernecki*. Man entdeckte in der Galle die vom Parasiten gelegten Eier, fand in denselben bewegliche Embryonen und constatirte deren Ausschlüpfen, hielt auch wohl die Eier irrthümlich für Fortpflanzungsorgane der *Vaucheria*. Magnus[2]) beschrieb die an *Vaucheria geminata* gefundenen Gallen etwas näher als meist laterale, sich aus schmaler Basis nach oben etwas erweiternde, mit 1—4 (meist 2) Hörnern versehene Auswüchse der Fäden; er beobachtete das in der Galle befindliche Mutterthier,

---

1) Vaucher, Histoire des Conferves d'eau douce, Genève 1803, p. 18, 32. (Citirt nach Balbiani.)

2) Magnus, Sitzungsberichte des Botanischen Vereins der Provinz Brandenburg, XVIII, 1876, p. 125—127.

die Eier und die aus diesen ausschlüpfenden jungen Thiere; er fand endlich an alten entleerten Gallen den Scheitel der Hörner geöffnet, und vermuthet daher in den Hörnern präformirte Austrittsstellen für die Jungen.

Bis zu dieser Zeit bot die Literatur nur kurze, gelegentliche Beobachtungen über die *Notommata*-Gallen, welche die Kenntniss sowohl des Parasiten, als auch namentlich seiner Beziehungen zu der Wirthspflanze und seiner Einwirkung auf dieselbe nur in beschränktem Maasse förderten. Die erste und einzige ausführlichere und speciell unserem Gegenstande gewidmete Untersuchung verdanken wir Balbiani[1]). Dieser hat, als Zoologe, seine Aufmerksamkeit natürlicher Weise hauptsächlich dem Thier gewidmet; er hat dessen Organisation eingehend geschildert und vieles Neue zu Tage gefördert. Den botanischen und biologischen Fragen, welche der Gegenstand bietet, widmet Balbiani das letzte Capitel seiner Arbeit (IV. Etude des galles du *Vaucheria terrestris*, p. 28 bis 37), doch muss dieses als im Ganzen wenig befriedigend bezeichnet werden. Die Beschreibung der Gallen und der Veränderungen, welche dieselben durchmachen, ist ziemlich oberflächlich und in vielen wesentlichen Punkten unvollständig. Ueberdies begeht der Verfasser, in Folge mangelhafter botanischer Kenntnisse, hauptsächlich aber flüchtiger Beobachtung und unüberlegter Schlussfolgerung, eine Anzahl von Irrthümern; so lässt er z. B. (p. 28, 29, 30) die Schläuche, Fruchtzweige und Gallen der *Vaucheria terrestris* ausdrücklich von dem eine compacte Masse bildenden Chlorophyll total ausgefüllt sein, er hat also den geräumigen Saftraum ganz übersehen. Dies sei als Beispiel der Flüchtigkeit, mit der Balbiani beobachtet haben muss, angeführt. Seine Beobachtungen und Schlüsse hier wiederzugeben, würde uns zu weit führen; die wichtigeren derselben werde ich weiter unten an den geeigneten Stellen besprechen.

Hiermit schliesst die Literatur der *Notommata*-Gallen ab[2]). In der botanischen Welt scheinen dieselben sehr wenig bekannt

---

1) Balbiani, Observations sur le Notommate de Werneck et sur son parasitisme dans les tubes des Vauchéries. (Annales des Sciences naturelles, Zoologie, série VI, t. VII, 1878, p. 1—40, planche 4). Daselbst (p. 1—7) eine Zusammenstellung der mir meist nicht zugänglichen älteren Literatur.

2) Siehe den Nachtrag zu vorstehender Arbeit.

geworden zu sein, und in den die Gallen überhaupt behandelnden Werken werden sie, soweit mir bekannt ist, gar nicht berücksichtigt.

Mir kamen die *Notommata*-Gallen zufällig unter die Hände. Im September 1895 sammelte ich in einem mit Wasser gefüllten Graben bei Kazan zwei Rasen einer *Vaucheria* und kultivirte sie im Laboratorium getrennt. Beide wuchsen hier kräftig, und bald fielen mir an der einen Kultur eigenthümliche, grosse Auswüchse auf, welche ein schon mit blossem Auge als schwarzer Punkt erkennbares Thier und häufig daneben Eier enthielten, während andere abgestorben und entleert waren; einige Wochen später begannen dieselben Gebilde auch in der zweiten Kultur aufzutreten. Durch die, wie ich zunächst glaubte, völlig neue Erscheinung lebhaft interessirt, begann ich dieselbe zu untersuchen. Bald stellte es sich zwar heraus, dass die Erscheinung schon bekannt und untersucht ist; doch hatte ich inzwischen bereits genug gesehen, um zu erkennen, dass die vorliegenden Daten ungenügend sind, und um hoffen zu können, unsere Kenntnisse über diesen Gegenstand erheblich zu erweitern. Die Auswüchse sind, wie ich zu zeigen hoffe, wirklich Gallen in der vollen Bedeutung des Wortes; sie beanspruchen dasselbe hohe physiologische Interesse wie die Gallenbildungen überhaupt, insofern dieselben der Ausdruck der Veränderungen sind, denen die inneren Eigenschaften eines Organismus in Folge des Eingriffes eines fremden Organismus unterliegen; dabei bieten sie gegenüber den Gallen der höheren Pflanzen den wesentlichen Vortheil eines ungleich einfacheren und der Beobachtung zugänglicheren Baues und lohnen deshalb eine eingehendere Berücksichtigung. Ich setzte also die begonnenen Untersuchungen eifrig fort, so lange die Gallenproduction anhielt [sie hörte im Februar 1896 auf[1])], und suchte Structur, Entwickelung und Schicksal der Gallen sowie die Beziehungen zwischen Alge und Parasit möglichst allseitig aufzuklären. — Obgleich ich bei meiner Arbeit hauptsächlich botanische Zwecke verfolgte, hatte ich doch Gelegenheit auch eine Anzahl neuer zoologischer Beobachtungen

1) Anfang April begann die Gallenproduction wieder, blieb jedoch sehr spärlich.

über den Bau, die Entwickelung, die Fortpflanzung und die biologischen Verhältnisse der *Notommata Wernecki* zu machen. Diese Beobachtungen publicire ich separat in einer zoologischen Zeitschrift[1]). Hier soll nur die botanische Seite des Gegenstandes behandelt werden, und von dem die Gallen bewohnenden Parasiten wird folglich nur insoweit die Rede sein, als dies für unseren Zweck gerade erforderlich ist.

Um im Folgenden Abschweifungen zu vermeiden, sei zunächst eine kurze orientirende Uebersicht über das Verhalten der Gallen und des Parasiten gegeben, wie es sich nach den Untersuchungen meiner Vorgänger und meinen eigenen darstellt. Die erwachsene Galle bildet einen mehr oder weniger grossen, verschieden gestalteten Auswuchs des *Vaucheria*-Fadens; sie trägt am Scheitel und zuweilen ausserdem auch an der Basis eine variable Zahl von hornartigen Fortsätzen. Der chlorophyllführende Wandbeleg und der Saftraum des Fadens setzen sich continuirlich in den dicken Wandbeleg und den geräumigen Saftraum der Galle fort. Jede Galle enthält normaler Weise ein Individuum des Parasiten (selten kommen deren zwei oder selbst drei vor), welches sich im Saftraum derselben mehr oder weniger lebhaft herum bewegt, doch Anfangs durch den dunkelgrünen Wandbeleg hindurch nur undeutlich zu erkennen ist. Das Thier ist ein unförmlich angeschwollenes Weibchen, an dessen Vorder- und Hinterende der Kopf und der 2zehige Fuss sichtbar sind, während der übrige Körper grösstentheils von einer ungefähr kugeligen, undurchsichtigen schwarzen Masse eingenommen wird. Diese letztere ist, wie Balbiani erkannt hat, nichts anderes als der aufgetriebene Magen des Thieres, welcher von den sich allmählich anhäufenden, schwarz gefärbten, unverdauten Speiseresten erfüllt ist. Der Kopf ist an der Ventralseite, wo sich der Schlundeingang befindet, mit zahlreichen Wimpern besetzt; er enthält u. a. einen Kauapparat und ein paar glänzende, ovale Körper, welche Balbiani als Speicheldrüsen bezeichnet. Wenn das Weibchen vollkommen ausgewachsen ist, beginnt es in rascher Folge und grosser Zahl Eier zu legen, welche im Saftraum der

1) Erscheinen demnächst in Zoologische Jahrbücher, Abtheilung für Systematik etc., Band IX, Heft 4.

Galle liegen bleiben, manchmal aber auch durch die Bewegungen des Mutterthieres zum Theil in den Tragfaden hineingeschoben werden; zuletzt füllen die Eier den Saftraum der Galle oft fast ganz aus. Die Eier sind, wie Balbiani zuerst fand, von zweierlei Art, Sommer- und Wintereier; ein Weibchen legt meist nur eine Art von Eiern, selten beide Arten zusammen. Die Wintereier haben einen dunklen, dichtkörnigen Inhalt, sind mit zwei glatten Hüllen umgeben, von denen die innere ziemlich derb ist, und machen eine einen bis mehrere Monate dauernde Ruheperiode durch. Die Sommereier haben nur eine zarte Hülle; ihr Anfangs ebenfalls dichtkörniger Inhalt wird bald nach Maassgabe der fortschreitenden Entwickelung heller und durchscheinender, er weist ein rothes Auge auf und wird zu einem jungen Thier, welches sich in der Eihülle lebhaft bewegt, schliesslich dieselbe sprengt und ausschlüpft; dies erfolgt einige Tage bis eine Woche nach dem Ablegen des Eies. Die jungen Thiere sind, wie ich fand, zweierlei Geschlechts, die Weibchen etwas grösser als die Männchen; in der Regel legt ein Mutterthier sowohl weibliche als männliche Sommereier. — Während der Eierablage wird der dem Mutterthier zur Nahrung dienende Wandbeleg der Galle immer dünner und dünner; bevor noch die ersten Eier ausgeschlüpft sind, stirbt er ab und zerfällt meist in einzelne Klumpen. Noch vorher jedoch wird ein kürzeres oder längeres Stück des *Vaucheria*-Fadens, das die Galle trägt, durch Querwände von den gesund bleibenden Theilen des Fadens abgegrenzt; der Inhalt dieses Fadenstückes stirbt und zerfällt gleichzeitig mit demjenigen der Galle. Nach dem Absterben des Galleninhalts wird, entweder alsbald oder nach einiger Zeit, die Gallenmembran an den Enden der Hörner aufgelöst, und durch die sich bildenden Löcher kriechen die ausgeschlüpften Jungen in's Freie; in der Galle bleiben ausser den leeren Eihüllen schliesslich nur die Reste des inzwischen abgestorbenen Mutterthieres und des zerfallenen Galleninhalts zurück. Offenbar von diesen Resten chemotactisch angelockt, dringen häufig von aussen verschiedene Organismen (Bakterien, Flagellaten, Infusorien, Amöben) in die leere Galle ein und ernähren sich hier; auch Pilze siedeln sich häufig auf den Resten des Mutterthieres an. — Die in's Freie gelangten Jungen der *Notommata* bewegen

sich im Wasser herum, ohne anscheinend Nahrung aufzunehmen. Die Männchen sind zu keiner weiteren Entwickelung fähig und dürften normaler Weise nach dem Begattungsact absterben. Die Weibchen entwickeln sich nur dann weiter, wenn sie in unten zu erörternder Weise in neue *Vaucheria*-Fäden eingedrungen sind.

Bevor wir uns nun zur näheren Betrachtung der Gallen wenden, wollen wir uns mit der *Vaucheria*, auf der ich sie angetroffen, bekannt machen; dieselbe ist nämlich mit keiner der in Walz's Monographie[1]) und auch mit keiner der in der späteren Literatur[2]) beschriebenen *Vaucherien* identisch und stellt demnach eine neue Species dar, welche ich zu Ehren des verdienten Monographen dieser Gattung *Vaucheria Walzi* nennen möchte.

I. Beschreibung der *Vaucheria Walzi* n. sp.[3]).

Fäden cylindrisch, bis zu 170 μ, doch meist nicht über 100 μ dick; normale vegetative Verzweigung sehr spärlich, streng monopodial.

Geschlechtliche Fortpflanzung (vergl. die Contourzeichnungen Fig. 1—5 nebst Erklärung). Sexualorgane auf kurzen, dem Faden seitlich aufsitzenden Fruchtzweigen. Diese im basalen Theil meist etwas bauchig angeschwollen, nach der Spitze verjüngt; entweder in ganzer Länge oder nur im oberen Theil stark gekrümmt, die Krümmung in beliebiger Ebene, jedoch meist ungefähr senkrecht zum Faden. Die verjüngte, hakenförmig gekrümmte Spitze des Fruchtzweiges setzt sich unmittelbar in das Antheridium fort, welches fast in einer Ebene mit der Krümmung des Fruchtzweiges spiralig eingerollt ist. Oogonien 2—5 (meist 2—3) auf kurzen, gekrümmten Seitenästen des Fruchtzweiges („Oogonienzweigen"). Die Oogonienzweige entspringen

1) Walz, Beitrag zur Morphologie und Systematik der Gattung *Vaucheria* DC. (Pringsheim's Jahrbücher, Bd. V, 1866, p. 127—158, Taf. XII—XIV.)

2) Die neuere Literatur über *Vaucheria* ist zusammengestellt bei Wille, in Engler und Prantl's Natürlichen Pflanzenfamilien, Theil I, Abtheilung II, p. 133.

3) Eine kurze Beschreibung dieser Species habe ich in der algologischen Zeitschrift „La Nuova Notarisia", 1896, veröffentlicht.

in zweizeiliger Anordnung aus den Flanken des Fruchtzweiges; bei paariger Zahl pflegen sie einander ziemlich genau opponirt zu sein, bei unpaariger Zahl sind sie entweder ebenfalls opponirt, mit Ausnahme des einen unpaaren (Fig. 4, Taf. VIII), oder sie sind alternirend angeordnet. Die Krümmungsebene der Oogonienzweige ist zu derjenigen des Fruchtzweiges und Antheridiums ungefähr senkrecht, so dass die Schnäbel der Oogonien einander und dem Antheridium zugekehrt sind. Denken wir uns den Faden horizontal liegend, die Basis des Fruchtzweiges aufrecht stehend (Fig. 3, Taf. VIII), so ist die Krümmungsebene des Antheridiums annähernd vertical gerichtet und diejenige der Oogonienzweige meist ungefähr horizontal; sind nur zwei Oogonienzweige vorhanden, so erinnert der Fruchtzweig an ein Kreuz mit gekrümmten Armen und Spitze. Genau horizontal und dem Faden parallel ist aber die Krümmungsebene der Oogonienzweige fast nie; sie ist vielmehr in der Regel etwas von der Horizontalen abgelenkt, und zwar gewöhnlich nach innen und unten, so dass die Schnäbel ein wenig nach abwärts (nach dem Faden zu) gerichtet sind; mitunter ist diese Ablenkung so stark, dass die Oogonien eine fast hängende Lage annehmen. In Folge dessen fallen die Krümmungsebenen zweier opponirter Oogonienzweige nicht zusammen, sondern bilden miteinander einen mehr oder weniger stumpfen Winkel, dessen Spitze nach abwärts gerichtet ist (immer die Basis des Fruchtzweiges aufrecht stehend gedacht). Diese ziemlich complicirten Verhältnisse, die hoffentlich durch die Fig. 1—4, Taf. VIII genügend veranschaulicht werden, sind, soweit ich beobachtet habe, bei unserer Species constant und für dieselbe sehr charakteristisch.

Verhältnissmässig häufig kommt bei unserer Art die von Walz[1]) erwähnte Prolification der Fruchtzweige vor (Fig. 5, Taf. VIII). Aus dem Rücken oder einer Flanke des Fruchtzweiges entspringt ein neuer Fruchtzweig, der ebenfalls mit einem Antheridium abschliesst und unter demselben Oogonienzweige trägt; dies kann sich selbst noch ein- bis zweimal wiederholen. Die Krümmungsebene der Prolification kann von derjenigen des primären Fruchtzweiges abweichen oder mit ihr zusammenfallen,

1) l. c., p. 136.

und zwar können die Krümmungen entgegengesetzte (Fig. 5, Taf. VIII) oder gleiche Richtung haben; in letzterem Fall bildet die Basis der Prolification die Fortsetzung der geraden Basis des primären Fruchtzweiges, und es kommt scheinbar ein Fruchtzweig zu Stande, welcher zwei oder mehrere Etagen von Oogonienzweigen und Antheridien trägt. — Dass es sich hierbei um eine nachträgliche Prolification des primären Fruchtzweiges und nicht etwa um dichotomische Verzweigung handelt, ergiebt sich daraus, dass der secundäre Fruchtzweig in der Entwickelung hinter dem primären zeitlich zurückbleibt; in dem Fall der Fig. 5 z. B. trägt der secundäre (obere) Fruchtzweig noch unreife Oogonien, während diejenigen des primären (unteren) bereits abgefallen sind.

Die stumpf geschnäbelten Oogonien haben die gewöhnliche, schief-eiförmige Gestalt, ihre eine Seite ist nahezu eben, die andere stark gewölbt. Die Membran der Oospore ist mit derjenigen des Oogoniums verwachsen; die Oospore fällt, mit der Oogoniummembran umgeben, ab, die letztere verquillt im Wasser nicht. In der eigenen Membran der Oospore lassen sich bei starker Vergrösserung drei Schichten unterscheiden, von denen die innere und äussere dünn sind, während die mittlere bedeutend dicker und ungefähr ebenso dick wie die Oogoniummembran ist. Die reife Oospore enthält einen centralen Pigmentfleck, viel seltener deren mehrere. Sie ist 78—90 μ lang, 63—70 μ dick. Die Keimung der Oosporen wurde nicht beobachtet.

Die ungeschlechtliche Fortpflanzung geschieht durch Aplanosporen. Aus dem Faden sprossen rechtwinkelig abstehende Seitenzweige hervor, deren Ende keulenförmig anschwillt, sich durch eine Querwand abgliedert und zum Sporangium wird. Meist ist der das Sporangium tragende Zweig ganz kurz, mehrmals kürzer als dieses selbst (Fig. 6*b*, Taf. VIII), seltener so lang oder gar mehrfach länger als das Sporangium. Ebenfalls ziemlich selten bildet die Spitze des Hauptfadens selbst ein Sporangium (Fig. 6*a*, Taf. VIII).

Bald nach der Abgrenzung des Sporangiums contrahirt sich dessen Inhalt ein wenig, umgiebt sich mit einer neuen Membran und wird so zur Aplanospore (Fig. 6*a*, 7, Taf. VIII); die Membran der letzteren ist im basalen Theil frei, im apicalen liegt

sie der Sporangienmembran dicht an. Bald reisst die Sporangienmembran am Scheitel auf und schrumpft zu einer schlaffen, faltigen, die Spore locker umgebenden Blase zusammen; ihre obere Grenze ist oft nicht deutlich zu unterscheiden, kann aber durch Chlorzinkjod oder durch Hämatoxylin sichtbar gemacht werden, welche beide die Sporangienmembran färben, die Sporenmembran aber ungefärbt lassen. — Die Entwickelung bis zu diesem Zeitpunkt erfolgt ziemlich schnell; einmal wurde eine noch nicht abgegrenzte Sporangienanlage in Kultur genommen, und am folgenden Tage war bereits die Spore fertig gebildet und die Sporangiummembran zerrissen.

Die fertig gebildete Aplanospore ist ellipsoidal bis fast kugelig, oft am basalen Ende etwas verschmälert; sie ist 130 bis 152 μ lang, 100—115 μ dick. Ihre Membran ist dünn, direct nicht zu unterscheiden, kann aber leicht sichtbar gemacht werden, wenn man den Inhalt durch plasmolysirende Mittel von ihr zurücktreten macht. Der Inhalt besteht aus einem centralen Saftraum und einem dicken, dunkelgrünen Wandbeleg, welch' letzterer, wie man beim Zerdrücken der Spore sieht, neben zahlreichen Chlorophyllkörnern grosse Mengen von fettem Oel enthält.

Nach dem Zerreissen der Sporangienmembran fällt die Spore bei zufälligem Anstossen, z. B. beim Auflegen des Deckglases, sehr leicht heraus, wobei die glockenförmig offene Sporangienmembran leer zurückbleibt. Ein spontanes Ausschlüpfen der Spore findet aber nicht statt, sie bleibt vielmehr normaler Weise ruhig in dem Rest der Sporangienmembran liegen. Dieser letztere wird allmählich immer blasser und undeutlicher contourirt und schwindet schliesslich nach längerer Zeit (die sich nach Wochen zu bemessen scheint) ganz; auch dann wird aber noch die Spore an ihrem Ort festgehalten, wahrscheinlich durch eine aus der Sporangienmembran entstehende schleimige Substanz, die optisch nicht erkennbar ist.

Ein sporangientragender Zweig begnügt sich häufig nicht mit der Production e i n e r Aplanospore, sondern bildet deren mehrere hintereinander; die successive gebildeten Sporen liegen dann in dichtem Haufen beieinander (ich habe deren bis zu sechs beisammen angetroffen) um die Spitze des Zweiges herum, an dem die Reste der leeren zugehörigen Sporangienhäute oder

eines Theiles derselben oft noch zu erkennen sind; eben dieses Beieinanderbleiben der von demselben Zweige producirten Sporen lehrt, dass sie durch irgend etwas festgehalten werden, — sonst würden die älteren Sporen, die unvermeidlich von den neu hinzukommenden gedrängt und bei Seite geschoben werden, abfallen müssen (was freilich manchmal auch vorkommt).

Es kommen in ungefähr gleicher Häufigkeit zwei verschiedene Modi der Bildung neuer Sporangien vor. Entweder entsteht neben der Ansatzstelle der alten Sporangienhaut eine Auszweigung, welche ein Sporangium erzeugt; oder es findet Durchwachsung statt, d. h. die Querwand des alten Sporangiums beginnt zu wachsen, verdrängt die alte Spore und wächst innerhalb der leeren Sporangiumhaut zu einem kurzen Faden aus, der am Gipfel ein neues Sporangium bildet (Fig. 7, Taf. VIII); dieser Vorgang kann sich wiederholen, und ich habe bis zu vier derart ineinander geschachtelte Sporangienhäute angetroffen. Genau derselbe Vorgang der Durchwachsung entleerter Sporangienhäute findet bekanntlich bei *Saprolegniaceen* statt, mit denen die Gattung *Vaucheria* überhaupt auffallend viel Analoges hat. Bei *Vaucheria* scheint er im Allgemeinen nicht vorzukommen; nur Borodin[1]) beobachtete Durchwachsung der Zoosporangien von *Vaucheria sessilis*, welche er im blauen Lampenlicht kultivirte; er macht ebenfalls auf die Analogie mit *Saprolegnia* aufmerksam und fügt hinzu, für *Vaucheria* werde ein solcher Vorgang nirgends erwähnt und komme hier wahrscheinlich unter normalen Umständen überhaupt nicht vor. Bei unserer Species ist es ein normaler und häufiger Vorgang.

Zum Unterschied von den Aplanosporen anderer *Vaucherien* findet keine baldige Keimung statt, die reifen Aplanosporen machen vielmehr eine längere Ruheperiode durch. Eine Anzahl frisch gebildeter, reifer Sporen hielt ich mehrere Wochen in Kultur, ohne dass sie die geringsten Anzeichen von Keimung aufwiesen; auch in meinen Massenkulturen blieben die Sporen lange ungekeimt. Die einzige Veränderung, welche sie durchmachen, besteht in einer geringen Volumzunahme, die bald nach der Reife erfolgt; denn an einige Tage alten Sporen fand ich

---

1) Borodin, Botan. Zeitung 1878, p. 530 und Taf. XII, Fig. 6, 7.

etwas grössere Dimensionen als an eben ausgebildeten, nämlich: Länge 150—190 μ, Dicke 110—150 μ.

Den Verlauf der Keimung der Aplanosporen habe ich zwar nicht direct verfolgt, kann aber darüber nach den aufgefundenen Keimlingen urtheilen, welche übrigens nur sehr vereinzelt auftraten[1]). Die keimende Spore schwillt noch mehr an (sie erreicht eine Länge bis zu 200 μ und eine Dicke bis zu 180 μ) und treibt einen Keimschlauch, welcher meist an seiner Basis, wo er die äussere Membranschicht der Spore durchbricht, deutlich eingeschnürt ist (Fig. 8, Taf. VIII). Oft producirt der noch ziemlich kurze Keimschlauch Sexualorgane; er kann aber auch mehrere Millimeter lang werden, ohne solches zu thun. Manchmal entstehen zwei Keimschläuche, von denen alsdann zuweilen der eine an seinem Ende farblose Rhizoiden entwickelt.

Bezüglich der Aufeinanderfolge der verschiedenen Fortpflanzungsorgane habe ich Folgendes beobachtet. Die Production der Sexualorgane begann in den beiden, getrennt kultivirten Rasen im October — in dem einen Rasen mehrere Wochen später als in dem anderen — und dauerte eine Zeit lang in reichlicher Weise an, um schliesslich aufzuhören. Hierauf erst begann die Bildung der Aplanosporen; sie trat zuerst nur an einzelnen Fäden auf, wurde aber allmählich sehr reichlich, so dass fast sämmtliche Fäden mit zahlreichen Aplanosporen sich bedeckten. Sie wurde zuerst Mitte November beobachtet und dauerte mit Unterbrechungen bis zum Februar. In allen meinen Kulturen, welche durch Theilung der ursprünglichen zwei Rasen erhalten waren, stellte sich die reichliche Aplanosporenbildung ein, aber zu recht verschiedener Zeit, obgleich fast alle unter ganz gleichen äusseren Bedingungen gehalten wurden, nämlich dicht an einem nur Morgens besonnten Fenster, also bei ziemlich niedriger Zimmertemperatur; eine Kultur stand im Kalthause, bei einer zwischen 6—8° C. schwankenden Temperatur —, sie bildete ebenfalls überaus reichlich Aplanosporen; am spätesten und spärlichsten entstanden dieselben in einer Kultur, die ca. 1 m vom Fenster, also etwas

1) Erst im April begannen die Aplanosporen zahlreich zu keimen. (Nachträgliche Anmerkung.)

wärmer als die übrigen, gehalten wurde. Die Sporangien bildeten sich an den nämlichen Fäden, welche früher Sexualorgane getragen hatten. — Ende Februar, nachdem die Production der Aplanosporen bereits aufgehört hatte, constatirte ich in mehreren Kulturen wieder reichliche Bildung von Sexualorganen; dieselben traten vorzüglich an solchen Fäden auf, die keine Aplanosporen gebildet hatten, manchmal aber auch an solchen, welche früher die letzteren producirten. — Es ist beachtenswerth, dass die Periode der Aplanosporenproduction in die kältesten Wintermonate fiel, und dass ihr Aufhören mit dem Eintreten bedeutend wärmerer Witterung coincidirte, während die Production der Sexualorgane gerade während der kalten Monate unterblieb. Es erscheint hiernach nicht unmöglich, dass die Bildung der einen oder anderen Fortpflanzungsorgane durch die Temperatur (und vielleicht auch durch die Lichtmenge) bestimmt wird; doch kann ich diese Frage hier nur streifen, da ich keine darauf gerichteten Versuche angestellt habe. — Ich möchte ferner noch hervorheben, dass diejenigen Fäden, welche Aplanosporen producirten, stets auffallend reich an Oeltropfen und arm an Chlorophyll waren, was möglicher Weise mit der Aplanosporenbildung in irgend welchem ursächlichen Zusammenhang steht.

Was die systematische Stellung der *Vaucheria Walzi* anbetrifft, so gehört sie in die Walz'sche Gruppe *Corniculatae b. Racemosae* [„Antheridien horn- oder hakenförmig gekrümmt auf kurzen, gekrümmten Seitenästen des Thallus. In der Mitte der reifen Oospore eine oder mehrere unregelmässige, braune Pigmentansammlungen.“ „Antheridien einen Zweig endigend, der unter der Antheridie die Oogonien trägt“ [1]).] Die vier von Walz unter dieser Gruppe beschriebenen Species unterscheiden sich von unserer Species durch folgende Merkmale [2]):

V. geminata nebst der var. *racemosa* hat aufrechte, fast sitzende Oogonien, die mittlere Schicht der Oosporenmembran ist ziemlich dünn, und die Aplanosporen keimen wenige Tage

---

1) Walz, l. c., p. 143—144.

2) Walz, l. c., p. 147—150 und die zugehörigen Figuren auf Taf. XII und XIII; ferner p. 132—133 über die bewegungslosen ungeschlechtlichen Sporen von *V. geminata* und *hamata*.

nach der Ausbildung. Die Hauptform differirt überdies durch die weit bedeutendere Grösse der Oosporen.

V. hamata hat meist 1—2 Oogonien, die oogonientragenden Zweige sind aufwärts gekrümmt (nach der Abbildung Fig. 12, Taf. XII), die Aplanosporen sind anders geformt und wesentlich kleiner als bei unserer Species (Walz giebt im Text deren Dimensionen nicht an, aber aus seinen 150fach vergrösserten Fig. 15 und 16, Taf. XII ergeben sich die Dimensionen zu 47—53 × 80—87 μ), sie schlüpfen nach der Ausbildung spontan aus dem Sporangium aus und keimen sofort.

V. terrestris unterscheidet sich scharf durch die in Wasser zerfliessende Oogonienmembran; *V. uncinata* desgleichen durch die kugelige, locker in der Oogonienmembran liegende Oospore —, anderer Unterscheidungsmerkmale nicht zu gedenken.

Von den nach dem Erscheinen der Walz'schen Monographie beschriebenen Species gehört keine zu derselben Gruppe.

II. Specieller Theil:

Die Gallen, ihre Structur und Entwickelung.

Die Gallen entstehen gewöhnlich einzeln, selten zu mehreren an einem *Vaucheria*-Faden, meist nicht sehr weit von dessen Ende entfernt. Sie sind in der grossen Mehrzahl der Fälle lateral, meist nahezu senkrecht zu dem Faden gestellt; terminale Gallen kommen kaum vor, ziemlich häufig finden sich dagegen pseudoterminale, welche dicht unter der Spitze des Fadens inserirt sind (Fig. 22, 24, Taf. IX) und sich oft fast in dessen Verlängerung stellen, so dass sie bei gewisser Stellung leicht für wirklich terminal gehalten werden können.

Von den häufig vorkommenden und als normal anzusehenden Gestalten der Gallen, welche als ungefähr spindel-, tonnen-, glocken- und trichterförmig bezeichnet werden können, geben die Fig. 9*c*, 11, 13*A*, 16, Taf. VIII; Fig. 21, 26, 27, Taf. IX einige Vorstellung. Häufig sind die Gallen, besonders die glocken- und trichterförmigen, im Querschnitt ziemlich stark abgeflacht, wie die Scheitelansicht Fig. 13*B*, Taf. VIII zeigt; die Ebene der Abflachung kann mit der Richtung des Tragfadens

zusammenfallen oder einen Winkel mit ihr bilden, meist aber ist sie zu ihr senkrecht, wie in dem in Fig. 13, Taf. VIII dargestellten Fall, so dass bei horizontaler Lage des Fadens die Galle dem Beobachter ihre Schmalseite präsentirt, und man den Faden dicht an der Galle abschneiden muss, um sie von der Breitseite zu sehen (Fig. 13*A*, Taf. VIII)

Dasjenige, was an der äusseren Gestalt der Gallen am meisten auffällt, sind die Protuberanzen, welche sie an ihrem Scheitel tragen. Die Richtung, Form und Grösse derselben kann sehr verschieden sein; sie sind (die Galle aufrecht stehend gedacht) vertical, schräg aufwärts oder horizontal gerichtet; sie haben bald die Form ziemlich langer, ungefähr konischer Hörner mit abgerundetem Ende (Fig. 11, Taf. VIII), bald diejenige kurzer, stumpfer Papillen (Fig. 28 bei *b*, Taf. IX); ich werde sie im Folgenden der Kürze halber ohne Rücksicht auf ihre Form als H ö r n e r bezeichnen. Sie sind normaler Weise in Mehrzahl vorhanden, oft zu zwei oder drei (Fig. 11, 16, Taf. VIII; Fig. 26, Taf. IX), meist 4—8 (Fig. 14, 13, Taf. VIII), nicht selten auch noch mehr. Häufig, aber nicht immer, finden sich eben solche, meist schräg abwärts gerichtete Hörner auch an der Basis der Galle, jedoch stets in geringer Zahl, selten mehr als 1—2 (Fig. 11, 16, Taf. VIII).

Betrachtet man die Anordnung der Hörner am Scheitel regelmässig ausgebildeter Gallen näher, so ist nicht zu verkennen, dass dieselbe der Ausdruck einer d i c h o t o m i s c h e n resp. t r i c h o t o m i s c h e n V e r z w e i g u n g der Galle ist und dass die Hörner nichts anderes sind als Zweige letzter Ordnung. Dies fällt nur darum nicht auf den ersten Blick auf, weil die Zweige im Verhältniss zur Galle selbst meist ganz kurz bleiben; doch zeigen Fälle, wie Fig. 27, 23 oder gar wie Fig. 24, Taf. IX, wo die Zweige ungewöhnlich stark entwickelt sind, in deutlicher Weise, dass wirklich dichotomische Verzweigung vorliegt. Dichotomisch verzweigte Gallen haben meist einen abgeplatteten, die seltener vorkommenden trichotomisch verzweigten einen kreisrunden Querschnitt. Im Falle einfacher Dicho- resp. Trichotomie sind zwei opponirte resp. drei um 120° von einander abstehende Hörner vorhanden. Meist findet 2- oder 3malige Dichotomie statt; alsdann fällt die primäre Verzweigungsebene mit der Ebene der

Abplattung der Galle zusammen, die secundären Verzweigungsebenen sind senkrecht zur primären und die tertiären wenigstens annähernd senkrecht zu den secundären. Fig. 13, Taf. VIII stellt in Flächen- und Scheitelansicht einen Fall sehr regelmässiger dreifacher Dichotomie dar; die primäre, die zwei secundären und die vier tertiären Symmetrieebenen (welche auf den entsprechenden Verzweigungsebenen senkrecht stehen) sind hier mit den Buchstaben a, b und b', c, c', c'' und c''' bezeichnet. Eine ebenfalls sehr regelmässige Verzweigung zeigt die in Fig. 14, Taf. VIII in Scheitelansicht gezeichnete 6hörnige Galle (primäre Trichotomie mit secundärer Dichotomie). Eine so regelmässige Verzweigung findet nun freilich bei höherer Hörnerzahl (über vier Hörner) keineswegs immer statt; oft wird die Regelmässigkeit dadurch mehr oder weniger verwischt, dass die einen Zweige sich stärker entwickeln und reichlicher weiter verzweigen als die anderen. So kommt eine Dichotomie vierter Ordnung nie bei sämmtlichen, sondern nur bei einzelnen Zweigen dritter Ordnung vor, und auch die Dichotomie dritter Ordnung beschränkt sich häufig nur auf einen Theil der vier Zweige zweiter Ordnung. Tritt diese Ungleichheit der Entwickelung schon unter den Zweigen erster Ordnung auf, so können Formen resultiren, die auf den ersten Blick ganz unregelmässig scheinen, die aber bei näherer Betrachtung doch dieselbe Art der Verzweigung erkennen lassen (Fig. 28, Taf. IX, nebst Erklärung). Manchmal ist die Dichotomie bei einzelnen Zweigen nur angedeutet, alsdann ist der Scheitel des betreffenden Hornes leicht eingebuchtet, und zu beiden Seiten sieht man die Scheitel der beiden unentwickelten Zweige als schwache Prominenzen (Fig. 20*a*, Taf. IX). — Verhältnissmässig selten kommt es vor, dass die primäre Dichotomie schon sehr früh stattfindet und jeder der beiden Zweige sich nach Art einer ganzen Galle entwickelt; es entstehen dann Doppelgallen, die mit gemeinsamem Fuss auf dem Faden aufsitzen (Fig. 17, Taf. IX).

Was die an der Basis der Gallen befindlichen Hörner anbetrifft, so verdanken sie ihren Ursprung zwar nicht einer dichotomen, sondern einer monopodialen Verzweigung; in ihnen selbst kommt aber wieder die Tendenz zu dichotomischer Verzweigung zum Ausdruck, indem sie nicht selten sich an der Spitze gabeln.

Nur höchst selten kommen Gallen ohne Verzweigung vor; so die in Fig. 21 u. 22, Taf. IX dargestellten Gallen, von denen die erste zwar eine typische Galle ist, die aber nur ein apicales Horn hat, während die letztere sich von dem üblichen Typus der Gallen ziemlich weit entfernt, indem sie aus einem nur unbedeutend angeschwollenen Zweige besteht, dessen Spitze die Stelle eines Hornes vertritt. Auch sonst kommen hin und wieder Abweichungen vom Typus vor. So findet man z. B. manchmal den Parasiten, anstatt in einer typischen Galle, in einer mehr oder weniger unregelmässigen Anschwellung des Fadens einlogirt, die aber meist ebenfalls einige Hörner trägt; nur höchst selten fehlen diese ganz, wie in Fig. 25, Taf. IX, wo der Parasit nur eine unbedeutende Anschwellung am Ende des ungewöhnlich dicken Fadenstückes hervorgerufen und in dieser sich entwickelt hat.

Die Dimensionen der Gallen sind im Vergleich zur Dicke des sie tragenden Fadens sehr ansehnliche. Ihre Länge beträgt meist 0,7—0,9 mm; die Breite variirt natürlich mit der Form der Galle, und es genüge nur für ein Beispiel die näheren Maasse anzugeben: Bei einer glockenförmigen Galle von 0,725 mm Länge betrug die Breite an der Basis 0,114, in der Mitte 0,245, an der Spitze 0,367 mm; die Dicke des Tragfadens war 0,060 mm. Es kommen indess auch Gallen von erheblich grösseren Dimensionen vor. So ist die Galle Fig. 16, Taf. VIII 1,4 mm lang bei 0,3 mm grösster Breite, die Galle Fig. 28, Taf. IX 1,3 mm lang, die fadenförmige Galle Fig. 22, Taf. IX sogar 2,1 mm lang. Andererseits bleiben die Gallen nicht selten hinter der oben angegebenen Norm zurück; so beträgt die Länge der Galle Fig. 27, Taf. IX (einer der kleinsten, die beobachtet wurden) nur 0,25 mm von der Basis bis zur Hornspitze. Begreiflicher Weise wird die Grösse der Gallen unter Anderem auch von den Dimensionen und dem Plasmareichthum der *Vaucheria*-Fäden bestimmt, auf denen sie sich bilden; daher produciren frische, sich lebhaft entwickelnde Kulturen fast ausschliesslich grosse Gallen, während alte Kulturen im Winter, wo nur geringes Wachsthum stattfindet, vornehmlich kleinere Gallen bilden; in einem Rasen, der einige Monate lang ununterbrochen Gallen bildete und hierdurch natürlich allmählich erschöpft wurde, nahm die durchschnittliche

Grösse der Gallen mit der Zeit zusehends ab und zuletzt producirte derselbe fast ausschliesslich Gallen, deren Länge weniger als $^1/_2$ mm betrug.

Die Entwickelung der Gallen.

Das jüngste Stadium einer Galle, welches ich habe finden können, ist in Fig. 9*a*, Taf. VIII abgebildet; es stellt einen sackförmigen Auswuchs des Fadens mit breit abgerundetem Scheitel dar. Die junge Galle wächst schnell; im Laufe eines Tages hat sich der Sack bedeutend verlängert und nahezu seine definitive Länge erlangt (Fig. 9*b*, Taf. VIII), am folgenden Tage findet man bereits die Hörner in Bildung begriffen oder dieselben sind gar schon fertig ausgebildet (Fig. 9*c*, Taf. VIII), und damit ist das Wachsthum der Galle abgeschlossen. An der jungen Galle findet das Wachsthum an dem ganzen breiten Scheitel statt; hier ist die Membran zart, weich contourirt und faltet sich bei Plasmolyse; von dem chlorophyllführenden Protoplasma ist sie, wie auch sonst an den wachsenden Stellen des *Vaucheria*-Thallus, durch eine mehr oder weniger dicke Hyaloplasmaschicht getrennt. Hört das Wachsthum am Scheitel auf, so wird die Membran derber, bekommt scharfe Contouren und das Hyaloplasma verliert sich bis auf eine feine Hautschicht, so dass die Chlorophyllkörner bis dicht an die Membran heranreichen. An den in Bildung begriffenen Hörnern wiederholen sich dieselben Erscheinungen in noch ausgeprägterer Weise, so dass ein noch junges Horn auffallend an die konisch verjüngte Spitze lebhaft wachsender *Vaucheria*-Fäden erinnert. Die Hyaloplasmaschicht ist hier besonders mächtig, und die Membran des wachsenden Hornscheitels ist so zart, dass sie nur bei starker Vergrösserung (Immersion) von dem Hyaloplasma unterschieden werden kann. Erst wenn das Horn ausgewachsen ist, wird die Membran auch hier etwas derber und leicht sichtbar, bleibt aber auf die Dauer von der übrigen Gallenmembran verschieden (siehe weiter unten).

Das Flächenwachsthum der Membran geschieht unverkennbar unter Bildung neuer Membranschichten, welche relativ weich und plastisch sein müssen und bedeutend gedehnt werden, während die älteren äusseren Schichten der Dehnung nicht folgen

können und gesprengt werden; grössere oder kleinere Fetzen der zerrissenen äusseren Schicht, an ihrem scharfen Contour leicht kenntlich, sind häufig auf dem wachsenden Scheitel junger Gallen und auf den wachsenden Hörnern zu sehen, und die Basis der Galle bleibt oft eine Zeit lang von dem Rest der gesprengten äusseren Membranschicht nach Art einer dicht anliegenden Manchette umgeben[1]). Was aus diesen Resten der äusseren Membranschichten später wird, soll weiter unten gezeigt werden.

Die Gallenmembran.

An der eben ausgewachsenen Galle ist die Membran ziemlich dünn und farblos, ebenso wie im Faden. Ausnahmsweise bleibt sie auch fernerhin fast unverändert; in den weitaus meisten Fällen erfährt sie jedoch sehr bald eine ziemlich bedeutende Verdickung (Fig. 10*b* im Vergleich mit 10*a*, Fig. 14, Taf. VIII; Fig. 21, Taf. IX) und nimmt eine hell- oder dunkelbraune Färbung an. Diese Veränderungen erstrecken sich häufig auch auf die der Galle benachbarte Partie des Tragfadens, bis auf grössere oder geringere Entfernung von der Galleninsertion; besonders pflegt sich die Membran auf der der Galle zugekehrten Seite des Fadens zu verdicken, meist aber auch an der der Galleninsertion gegenüberliegenden Stelle (Fig. 21, Taf. IX). Die verdickte und gebräunte Partie der Tragfadenmembran geht bald fast plötzlich, bald ganz allmählich in die unveränderte Membran der weiter abliegenden Fadentheile über. Sie verhält sich in jeder Hinsicht ebenso wie die Gallenmembran, so dass Alles, was im Folgenden über die letztere gesagt wird, auch auf erstere sich bezieht.

---

1) Dieselben Erscheinungen kann man auch an allen den Stellen des *Vaucheria*-Thallus beobachten, wo schon ausgewachsene Partien wieder zu wachsen beginnen, so bei der Bildung der die Sexualorgane und die Sporangien trage[illegible] Zweige. Hier kann man sogar, dank der geringeren Dicke der Zweige, [illegible] verfolgen, wie der an der Basis des Zweiges erhaltene Rest der alten [illegible] in die äusseren Schichten des Hauptfadens, hingegen die gesammte Mem[illegible] Seitenzweiges in eine innere Schicht des Hauptfadens sich fortsetzt, [illegible] einiger Entfernung von der Basis des Zweiges sich allmählich au[illegible] Sprengung der alten Membranschichten und die Abstreifung dersel[illegible] unregelmässiger Fetzen bei der Bildung neuer Seitenzweige wird schon [illegible] (l. c., p. 515) für *Vaucheria sessilis* erwähnt.

Die Dicke der Gallenmembran wurde in zwei normalen Fällen gemessen. Sie betrug das eine Mal im Allgemeinen 5 μ, an der dicksten Stelle (Seitenwand der Hörner) 6,5 μ, — im anderen Fall betrug sie 9 μ. Die Dicke der unveränderten Fadenmembran war in beiden Fällen kaum 1,5 μ, — also hatte die Gallenmembran um das Drei- bis Sechsfache an Dicke zugenommen. Die verdickte Gallenmembran ist so hart, dass beim Durchschneiden einer dickwandigen Galle mittels Skalpells ein ganz deutlicher Knack zu hören ist.

Die verdickte Gallenmembran lässt im optischen Längsschnitt oft schon ohne Anwendung von Reagentien eine ausgesprochene Schichtung erkennen (Fig. 15, Taf. VIII; Fig. 19, Taf. IX); nach Anwendung gewisser, Quellung bewirkender Reagentien (s. weiter unten) tritt die Schichtung durchgängig sehr deutlich hervor. Es wechseln dichtere, braune und weniger dichte, farblose Lamellen miteinander ab.

Nicht selten ist die verdickte Gallenmembran noch mit bald wenigen, bald sehr zahlreichen und dicht gestellten localen Verdickungen versehen. In der Aufsicht erscheinen dieselben meist als regelmässige Kreise mit braunem Kern und schön concentrisch geschichteter, hellerer Hauptmasse. Im optischen Längsschnitt sind es unregelmässig halbkreisförmige, nach innen vorragende Prominenzen; ihr brauner Kern liegt bald in den peripherischen, bald in den mittleren Schichten der Membran und scheint eine locale, knötchenförmige Verdickung einer der dichteren Lamellen zu bilden; die mehr nach innen gelegenen Membranlamellen umziehen ihn in anscheinend etwas grösserer Mächtigkeit, als sie sonst haben. Ebensolche locale Verdickungen finden sich zuweilen, aber nur selten und vereinzelt, auch an der sonst unverdickten Membran der *Vaucheria*-Fäden. Zahlreich finden sich dagegen im Wesentlichen offenbar übereinstimmende Wandverdickungen an den Verschlussstellen von Wunden und an solchen Stellen, wo sich lebende Theile des Fadens gegen abgestorbene durch Querwände abgegrenzt haben; hier erreichen sie oft bedeutende Dimensionen, sind aber meist sehr unregelmässig geformt; sie scheinen hier dadurch zu Stande zu kommen, dass abgestorbene Plasmapartien von den neu gebildeten Membranschichten überlagert werden, sie haben also eine andere

Bildungsursache, als die oben besprochenen kleineren und regelmässigeren Prominenzen [1]).

Einige Male fand ich die Gallenmembran in ihrer ganzen Dicke von cylindrischen Poren verschiedener Weite durchsetzt. Bei näherer Betrachtung zeigte es sich, dass dieselben von einem anscheinend zu den *Chytridiaceen* gehörigen kleinen Parasiten verursacht sind, welcher manchmal in gewaltigen Mengen die Gallenmembran durchbohrt, an der Innenseite derselben kugelig anschwillt und sich von dem plasmatischen Wandbeleg ernährt. Der vom Parasiten in die Gallenwand gebohrte Kanal ist von dessen dünner Zellmembran ausgekleidet, welche in concentrirter Chromsäure unlöslich ist und mittels dieses Reagens sichtbar gemacht werden kann.

Alles, was bisher über die Membran der erwachsenen Galle gesagt worden ist, bezieht sich indess nicht auf die ungefähr kugelcalottenförmigen Membranpartien, welche die Enden der Hörner einnehmen. Diese Membranpartien, die ich hinfort kurz als „Calotten" bezeichnen werde, unterscheiden sich schon auf den ersten Blick auffallend von der übrigen Gallenmembran. Oft unterscheiden sie sich durch geringere Verdickung, wobei die dünnere Calotte fast plötzlich gegen die dickeren Seitenwände des Hornes abgesetzt ist (Fig. 12, 15, Taf. VIII und namentlich Fig. 20, Taf. IX); der Unterschied fällt gewöhnlich schon bei schwacher Vergrösserung auf (Fig. 14, Taf. VIII). Noch häufiger freilich ist die Calotte ebenso dick oder selbst unbedeutend dicker als die angrenzenden Membranpartien (Fig. 10*b*, Taf. VIII; Fig. 18*a*, Taf. IX); ihre Verdickung erfolgt alsdann oft etwas später als diejenige der übrigen Gallenmembran. Stets dagegen unterscheidet sich die Calotte durch ihre Farblosigkeit, ihre weicheren Contouren und ihr blasseres, wie gequollenes Aussehen von der übrigen

1) Unregelmässig knollenförmige oder zapfenartige, geschichtete Membranverdickungen sind bei verschiedenen *Vaucheria*-Arten beobachtet worden von Solms-Laubach (Botan. Zeitung 1867, p. 361, Taf IX, Fig. 18), Borodin (daselbst, 1878, p. 515, Anmerkung), Stahl (daselbst, 1879, p. 134, Anmerkung). Neuerdings (Berichte der D. Botan. Gesellsch., 1894, p. 363—365) beschreibt und zeichnet Correns geschichtete centripetale Membranverdickungen, welche bei vielen *Caulerpa*-Arten constant vorkommen; dieselben ähneln sehr den oben beschriebenen Prominenzen der Gallenmembran, nur sind sie viel spitzer als diese.

braunen, scharf contourirten und lichtbrechenden Membran. Der Uebergang zwischen beiden ist immer plötzlich, so dass die Grenze zwischen der Calotte und der Seitenwand des Hornes sich sowohl im optischen Längsschnitt (Fig. 10*b*, 15, Taf. VIII; Fig. 18*a*, Taf. IX) als in der Aufsicht (Fig. 20, Taf. IX) ganz scharf zeichnet. Zuweilen zeigt die Calotte eine schwache Schichtung (Fig. 18*a*, Taf. IX) oder lässt wenigstens an ihrem äusseren oder inneren Rande eine dünne, derbere (stärker lichtbrechende) Lamelle erkennen; meist aber erscheint sie auch bei starker Vergrösserung ganz homogen. Manchmal scheint fast die ganze Calotte die Fortsetzung einer besonderen inneren Schicht der Gallenmembran zu sein; so sah ich einmal alle dichten Lamellen der dicken Seitenwand eines Hornes sich an der Grenze der Calotte zu einer einzigen feinen Lamelle vereinigen, welche die Calotte von aussen bedeckte, sich nach deren Scheitel zu allmählich verdünnend, so dass sie am Scheitel selbst nicht mehr deutlich erkennbar war; die Calotte ihrerseits verschmälerte sich an den Rändern ebenfalls plötzlich zu einer dünnen Lamelle, welche die Seitenwand des Hornes von innen auszukleiden schien, jedoch im optischen Längsschnitt sich nur auf sehr geringe Entfernung verfolgen liess. Hiernach scheint die Hauptmasse der Calotte eine spätere Bildung zu sein, als die Hauptmasse der übrigen Gallenmembran; sie würde ein Analogon zu der Verdickung der Intine an den Keimpori mancher Pollenkörner bilden. Es verhält sich aber jedenfalls nicht immer so; häufiger ist vielmehr der in Fig. 15, Taf. VIII dargestellte Fall, wo die dichten Schichten der Seitenwand des Hornes an der Calottengrenze blind endigen, während die weniger dichten Schichten sich direct in die homogene Masse der Calotte fortsetzen. Alle diese Differenzen lassen vermuthen, dass die Entstehung der Calotte sowie ihre innere Beschaffenheit nicht immer die gleiche ist, was auch mit der unten zu besprechenden Verschiedenheit ihres weiteren Verhaltens harmonirt.

Die erwachsene Galle ist an ihrer ganzen Oberfläche von einer Schleimschicht bedeckt, deren Dicke meist geringer ist als diejenige der Gallenmembran, aber dieselbe auch erreichen oder sogar ein wenig übertreffen kann (Fig. 10*b*, 15, Taf. VIII; Fig. 20, Taf. IX); auf den Hörnern und besonders auf den Calotten

ist diese Schleimschicht meist mächtiger ausgebildet als sonst (Fig. 20, Taf. IX). Der Schleim, aus dem sie besteht, ist ganz hyalin und bricht das Licht nur wenig stärker als Wasser, weshalb die Schicht, solange ihre Oberfläche rein ist, nur schwer zu erkennen ist; deutlich wird ihre Anwesenheit beim Einlegen des Präparates in einen Tropfen mit fein zerriebener Tusche, in dem die Schleimschicht sich als farbloser Saum um die Galle herum präsentirt; ein anderes Mittel, sie sichtbar zu machen, bildet Jod + Schwefelsäure, durch welche Reagentien sie blau gefärbt wird (Näheres hierüber siehe weiter unten). Für gewöhnlich braucht man indess zu keinen solchen Hilfsmitteln seine Zuflucht zu nehmen, denn die Schleimschicht markirt sich so zu sagen von selbst dadurch, dass allerlei kleine Körperchen an ihrer offenbar klebrigen Oberfläche anhaften; vor Allem sind es Bakterien verschiedener Art, besonders kleine Kokken, sodann kleine, einzellige Algen, manchmal selbst Diatomeen, ferner kleine Monadinen und endlich allerlei leblose Körnchen (Fig. 10*b*, 15, Taf. VIII; Fig. 20, Taf. IX). Anfänglich sind solche anhaftende Fremdkörper nur einzeln vorhanden, mit zunehmendem Alter der Galle nimmt aber auch ihre Menge zu; namentlich gilt das von den Bakterien, welche in der Schleimschicht offenbar einen günstigen Nährboden finden und sich stark vermehren; sie können schliesslich die Galle so überwuchern, dass deren Inneres ganz unzugänglich für die mikroskopische Beobachtung wird. — An ganz alten, entleerten Gallen ist die Schleimschicht nicht mehr nachzuweisen.

Für die Frage nach der Herkunft dieser Schleimschicht ist die Kenntniss ihres Vorkommens an den sonstigen Theilen des *Vaucheria*-Thallus von Bedeutung. Es ist nicht etwa eine allgemein vorhandene, mit den Gallerthüllen der *Conjugaten* und vieler anderer Algen zu vergleichende äussere Schicht der Membran. Ich habe sie vielmehr (mittels Jod + Schwefelsäure) nur an ganz bestimmten Stellen des Thallus nachweisen können. Erstens an erwachsenen Fruchtzweigen und Sporangienzweigen, zweitens auf einer gewissen, ziemlich langen Strecke hinter den wachsenden Fadenspitzen; an den älteren Theilen der Fäden sowie an alten Frucht- und Sporangienzweigen fehlt sie, ebenso wie an alten Gallen. Es fällt auf, dass die Schleimschicht überall

da, aber auch nur da auftritt, wo vor Kurzem Wachsthum und damit Sprengung alter Membranschichten stattgefunden hat. Dies führt bereits auf den Gedanken, dass die Schleimschicht nichts Anderes ist als das Umwandlungsproduct der beim Wachsthum gesprengten Membranschichten. Und so ist es auch in der That. Die Membranreste unterliegen einer allmählichen, mit Verquellung verbundenen Metamorphose, welche sich von ihren freien Rändern aus langsam weiter ausbreitet. An Sporangienzweigen in einem gewissen Altersstadium habe ich gesehen, wie die an der Basis noch als solche erkennbare, gesprengte äussere Membranschicht sich apicalwärts direct in die Schleimschicht fortsetzte. Die scharf contourirten Fetzen der alten, gesprengten Membranschichten, die man dem Scheitel junger Gallen anhaften sieht, fehlen an den ausgewachsenen Gallen, dafür ist die Schleimschicht vorhanden; die letztere enthält manchmal, namentlich auf den Calotten kürzlich ausgewachsener Gallen, einzelne noch unvollkommen verquollene Flocken eingeschlossen, die durch Chlorzinkjod und durch Hämatoxylin gefärbt werden, während die übrige Schleimschicht farblos bleibt. Wir haben es offenbar mit demselben Verquellungsprocess zu thun, dem die zerrissene Sporangienmembran unterliegt (s. oben, p. 533). Dieser Verquellungsprocess muss spontan, d. i. ohne Betheiligung fremder Organismen vor sich gehen, da an der frisch gebildeten Schleimschicht noch keine oder nur einzelne Bakterien ansitzen. Die Schleimschicht ist aber selber von keiner langen Dauer, sondern wird nach einiger Zeit aufgelöst oder verquillt wenigstens dermassen, dass sie nicht mehr nachzuweisen ist; darum eben fehlt sie an allen älteren Theilen des Thallus. An diesem Verschwinden der Schleimschicht dürften, wie aus dem oben Mitgetheilten zu ersehen, Bakterien wohl eine wesentliche Rolle spielen.

Die Reactionen der Gallenmembran.

Das Verhalten der Gallenmembran gegen Reagentien bietet einige interessante Eigenthümlichkeiten, zu deren Würdigung wir auch das Verhalten der Membran gewöhnlicher *Vaucheria*-Fäden mit in Betracht ziehen müssen.

Giebt man zu einem Faden einen Tropfen schwache JJK-Lösung und lässt dann von dem einen Rande des Deckglases concentrirte Schwefelsäure zufliessen, so dass dieselbe sich allmählich in dem Präparat ausbreitet und ihre Concentration an einem gegebenen Punkte desselben allmählich steigt, so wird die Fadenmembran in einem gewissen Stadium der Einwirkung in ihrer ganzen Dicke intensiv gebläut, ohne jedoch merklich zu quellen; bald darauf aber, wenn die Concentration der Säure noch weiter gestiegen ist, geht die Blaufärbung wieder vorüber und die Membran bleibt anscheinend ganz unverändert zurück, um erst später unter mässiger Quellung allmählich gelöst zu werden.

Behandeln wir in derselben Weise eine Galle, so tritt Folgendes ein. Während die Gallenmembran zunächst nur ihre braune Farbe in ein helleres Gelbbraun ändert, nimmt die Calotte eine intensiv rothviolette Farbe an, welche sich ausschliesslich auf sie beschränkt; Schwefelsäure allein (ohne JJK) giebt diese Färbung nicht. Erst nach einiger Zeit, wenn die Concentration der Säure erheblich gestiegen ist, nimmt zuerst die Calotte plötzlich eine rein blaue Farbe an, und bald darauf bläut sich auch die übrige Gallenwand; die Bläuung derselben beginnt an der Calottengrenze und (wenn die Galle zerschnitten war) an den Schnittflächen, und breitet sich von hier aus allmählich über die ganze Galle aus, woraus folgt, dass die Calotte für die Säure viel leichter permeabel ist als die Oberfläche der übrigen Gallenmembran. Die Färbung der Gallenmembran ist sehr intensiv, aber nicht rein blau wie bei der Fadenmembran und bei der Calotte, sondern trübe; es scheint, dass nur die weniger dichten Schichten gebläut werden, die dichteren hingegen gelbbraun bleiben, wodurch sich der trübe Farbenton erklärt. Ziemlich intensiv und rein blau färbt sich auch die Schleimschicht. Bei weiterem Vordringen der Säure geht die Bläuung überall schnell vorüber, ohne dass erhebliche Quellung stattfindet; Calotte und Schleimschicht werden farblos, die Gallenmembran graubraun. Die Entfärbung beruht zunächst nicht auf Lösung der sich bläuenden Substanz; denn wenn man in diesem Stadium am entgegengesetzten Rande des Deckglases einen Tropfen Wasser zusetzt und so die Säure zurückweichen macht,

so tritt die Bläuung überall in nur wenig schwächerem Grade wieder ein (dasselbe gilt auch für die Fadenmembran); offenbar kann die blaue Jodverbindung nur bei einer ganz bestimmten Concentration der Schwefelsäure bestehen. Lässt man hingegen die Säure noch weiter vordringen, bis die Ausscheidung der kleinen Jodkörnchen beginnt, so erfolgt eine allmähliche Lösung. Zuerst quillt die Calotte stark auf und löst sich alsbald vollständig; während der Quellung lässt sie manchmal eine zarte Schichtung erkennen, meist aber bleibt sie auch jetzt völlig homogen; wenn eine derbere Lamelle an der Innen- oder Aussenfläche vorhanden ist (vergl. den vorigen Abschnitt), so löst sich diese erst bedeutend später. Die Schleimschicht ist nach der Entfärbung direct nicht sichtbar (wegen mit der umgebenden Flüssigkeit gleicher Lichtbrechung), sie bleibt aber erkennbar durch die ihrer Oberfläche anhaftenden Jodkörnchen; Dank diesem Umstande lässt es sich gut verfolgen, wie sie aufquillt und schliesslich verschwindet. Die Gallenmembran quillt ebenfalls allmählich auf, wobei ihre Schichtung ausserordentlich scharf hervortritt. Ihre Quellung schreitet wiederum deutlich von der Calottengrenze resp. ausserdem auch von der Schnittfläche aus vor; sie betrifft nur die farblosen Lamellen, während die braunen Lamellen dünn und scharf contourirt bleiben. Die farblosen Lamellen werden endlich ganz gelöst, denn wenn man einen leichten Druck auf das Deckglas ausübt, so zeigt sich, dass an den am stärksten gequollenen Stellen der Zusammenhang der dichten Lamellen untereinander aufgehoben ist. Erst bei noch stärkerer Einwirkung der Säure, wenn die Fadenmembran bereits total gelöst ist, werden endlich auch die dichten Lamellen angegriffen; sie zerfallen, ohne zu quellen, in einzelne Fasern, welche dann langsam verschwinden.

Wir sehen, dass die Gallenmembran jedenfalls eine complicirte Zusammensetzung hat. Die farblosen Lamellen verhalten sich ebenso wie die Membran der Fäden; sie müssen entweder aus einem Gemisch zweier Substanzen bestehen (nämlich aus Cellulose und einer anderen Substanz, deren Anwesenheit die erstere verhindert, gleichzeitig mit der Bläuung aufzuquellen) oder aus einer besonderen, der Cellulose verwandten, aber von ihr verschiedenen Substanz, der die Eigenschaft zukommt, sich mit

Jod + Schwefelsäure zunächst nur zu bläuen und erst nach Verschwinden der Blaufärbung allmählich aufzuquellen und sich zu lösen. Die dichteren, braunen Lamellen hingegen, welche sich nicht bläuen und sich erst in der sehr concentrirten Säure ohne vorhergehende Quellung lösen, müssen wenigstens der Hauptmasse nach aus einer besonderen, der Gallenmembran eigenthümlichen Substanz bestehen. — Von der Substanz der Calotte gilt das Gleiche, wie von der Substanz der farblosen Schichten, sie differirt jedoch durch ihre leichtere Löslichkeit in Schwefelsäure; ausserdem muss die Calotte aber wohl noch eine weitere Substanz (wohl auch ein Kohlehydrat) enthalten, durch welche die schon bei ziemlich schwacher Concentration der Schwefelsäure eintretende Rothviolettfärbung bedingt wird. — Was endlich die Schleimschicht anbetrifft, so verhält sie sich ebenfalls ähnlich wie die Substanz der farblosen Lamellen, unterscheidet sich aber schon durch ihre schleimige, gequollene Consistenz.

Weitere Aufschlüsse giebt uns die Combination der Jod + Schwefelsäure-Reaction mit anderen Reagentien, namentlich Kalilauge und Chromsäure.

Starke Kalilauge bewirkt in der Kälte nur schwache Quellung. Wird das Präparat in der Kalilauge unter Deckglas mehrmals bis zum beginnenden Sieden erwärmt, so tritt stärkere Quellung ein, besonders die Calotte quillt erheblich und verblasst, und in der Gallenmembran tritt die Schichtung sehr scharf hervor. Behandelt man nun, nach Auswaschen der Kalilauge, mit Jod + Schwefelsäure, so erweist sich das Verhalten der Gallenmembran als ganz unverändert, auch die Schleimschicht verhält sich wie gewöhnlich, und nur die anfängliche rothviolette Färbung der Calotte ist schwächer und schmutziger als sonst —, wahrscheinlich wird also die diese Färbung bedingende Substanz durch kochende Kalilauge langsam gelöst oder umgewandelt. — Ganz anders wirkt die Vorbehandlung mit Kalilauge auf die Reaction der Fadenmembran. Behandelt man diese jetzt mit $J + H_2SO_4$, so tritt zuerst sehr starke Quellung in die Dicke mit Verkürzung in der Flächenrichtung ein, sofort darauf sehr intensive Bläuung und alsbald schnelle und vollständige Lösung; die Membran verhält sich mit einem Wort wie reine Cellulose. Es ist somit durch die kochende Kalilauge

entweder eine die Cellulosereaction erschwerende und die Quellung verhindernde, incrustirende Substanz herausgelöst, oder aber die Substanz der Fadenmembran in Cellulose verwandelt worden (dieselben beiden Möglichkeiten, welche bezüglich der Einwirkung der Kalilauge auf verholzte Membranen vorliegen; im Folgenden halte ich mich der Einfachheit halber an die erstere Möglichkeit). Da die Reaction der Gallenmembran durch Vorbehandlung mit Kalilauge nicht geändert wird, so muss hier — auch in den farblosen Lamellen — zum Mindesten noch eine dritte, durch kochende Kalilauge nicht angreifbare Substanz vorhanden sein.

Diese „dritte Substanz" lässt sich nun aber durch Chromsäure entfernen. Lässt man concentrirte Chromsäure, die mit ca. dem gleichen Volum Wasser verdünnt worden ist, in der Kälte einwirken, so tritt bald Quellung der Gallenmembran (mit Ausnahme der Calotte) ein; die Membran erreicht etwa das Doppelte der ursprünglichen Dicke, wobei die Schichtung ebenfalls sehr deutlich und regelmässig hervortritt; die dichten Lamellen erscheinen aber nicht so scharf wie nach dem Kochen mit Kalilauge. Mit der Zeit verblasst die Schichtung zusehends unter zunehmender Quellung; offenbar greift das Reagens hauptsächlich die dichten Lamellen an und macht sie aufquellen, während es die farblosen Lamellen kaum verändert. Schliesslich ist die Schichtung ganz verschwunden und Alles bildet eine homogene blasse Masse. Wäscht man jetzt die Chromsäure aus und setzt $J + H_2SO_4$ zu, so verhält sich die Gallenmembran so wie die Fadenmembran nach Einwirkung der kochenden Kalilauge: Sie färbt sich nur vorübergehend gelblich, dann plötzlich sehr intensiv blau unter starker Quellung in die Dicke und starker Contraction in der Flächenrichtung, dann schwindet die Bläuung, und es restirt eine homogene braune Masse, die sich sofort rückstandslos löst. — Nimmt man die Chromsäure ganz concentrirt, so wird die Membran sehr schnell unter starker Quellung und Gasblasenentwickelung in eine homogene Masse verwandelt, die, wenn man die Chromsäure rechtzeitig auswäscht, sich gegen $J + H_2SO_4$ ganz in der eben beschriebenen Weise verhält. Bei längerer Einwirkung löst die Chromsäure allein (sowohl die concentrirte wie die halbconcentrirte) die Membran völlig auf. Das Charakteristische ihrer Wirkung besteht aber darin, dass sie die

Cellulose später angreift als die anderen ihr beigemengten Substanzen in der Gallenmembran.

Die supponirte „dritte Substanz“, welche in den braunen Lamellen die Hauptmasse bilden muss, die aber offenbar auch in den farblosen Lamellen vorhanden ist und deren Quellung in Schwefelsäure hindert, unterscheidet sich in ihren Reactionen wesentlich sowohl von dem „Lignin“ der verholzten als von dem „Suberin“ der verkorkten Membranen. Dagegen erinnert sie durch ihre Unlöslichkeit in Kali und ihre leichte Löslichkeit in Chromsäure an die Auskleidungen der Intercellularen, deren Reactionen ich bei Palmen untersucht habe. Da diese Auskleidungen ausser in Chromsäure auch in Schultze'schem Macerationsgemisch löslich sind, so erwartete ich von diesem eine ähnliche Wirkung auf die Gallenmembran wie von der Chromsäure. Diese Erwartung bestätigte sich; nach genügend langem Erwärmen in Schultze'scher Mischung verhielt sich die Gallenmembran gegen $J + H_2SO_4$ im Wesentlichen ebenso wie nach partieller Behandlung mit Chromsäure, doch war die Blaufärbung viel weniger intensiv, auch verschwand die Schichtung nicht so vollständig wie in Chromsäure; die Schultze'sche Mischung greift offenbar die „dritte Substanz“ weniger energisch, die Cellulose dagegen stärker an als Chromsäure, sie ist daher zur Isolirung der Cellulose weniger geeignet. Eine der Schultze'schen Mischung eigenthümliche Wirkung besteht darin, dass sie die braunen, dichteren Lamellen der Gallenmembran völlig entfärbt, ohne sie zunächst im Uebrigen zu verändern; die Entfärbung geschieht schon bei leichtem Erwärmen sofort und langsamer auch in der Kälte. Man sieht hieraus, dass der braune Farbstoff mit der „dritten Substanz“ nicht identisch, sondern ihr nur beigemengt ist. Wie wir sahen, zerstört Chromsäure umgekehrt die „dritte Substanz“, den Farbstoff aber nicht.

Ausser den bisher besprochenen Reactionen habe ich noch die Wirkung von Chlorzinkjod und einiger Farbstoffe geprüft.

Chlorzinkjod färbt die Calotte schwach blauviolett; nach längerem (24 Stunden und darüber) Liegen in Chlorzinkjod nimmt die Calotte eine schön blaue, aber recht hell bleibende Farbe an, sie erscheint dabei etwas gequollen. Die Schleimschicht färbt sich nicht, ausgenommen einzelne Stellen, wo noch

unvollständig metamorphosirte Membranfetzen in sie eingeschlossen sind. Die übrige Gallenmembran quillt ein wenig auf, färbt sich aber nicht. Die Fadenmembram bleibt ebenfalls ungefärbt, nur nach langem Liegen in dem Reagens ist stellenweise eine sehr schwache Bläuung zu sehen; ausgesprochene Färbung giebt nur die Membran der Frucht- und Sporangienzweige. Das negative Verhalten gegen Chlorzinkjod bleibt unverändert auch nach Vorbehandlung mit kochender Kalilauge resp. Chromsäure, nach der $J + H_2SO_4$ eine typische und sogar sehr intensive Cellulosereaction liefert; die „Cellulose" der *Vaucheria*-Membran muss also mit der Cellulose der höheren Pflanzen nicht ganz identisch sein. Ich bemerke, dass das benutzte Chlorzinkjod die Cellulosemenbranen von Phanerogamen sehr intensiv und zwar meist sofort färbt.

Fuchsin und Methylviolett färben die Membran der Fäden und der Gallen schnell und intensiv, während Schleimschicht und Calotten ungefärbt bleiben; nur wenn Ueberfärbung stattgefunden hat, nimmt auch die Calotte Farbstoff auf, dieser wird aber aus ihr bei längerem Liegen in Glycerin vollständig ausgezogen (wie aus den Cellulosemembranen der höheren Pflanzen), während die übrige Gallenmembran und die Fadenmembran gefärbt bleibt.

Ebenso wirkt auffallender Weise auch Böhmer'sches Hämatoxylin, welches als specifischer Cellulosefarbstoff gilt. Nach kurzem Liegen in sehr verdünnter Lösung war die Membran des Fadens und der Galle intensiv gefärbt, Schleimschicht und Calotten aber blieben ganz farblos, während an einem zum Vergleich mit hineingelegten Stengelquerschnitt von *Tropaeolum* alle Cellulosemembranen schön tingirt waren; erst nach 24 Stunden waren auch die Calotten schwach gefärbt.

Anilinblau, das ebenfalls als Cellulosefarbstoff genannt wird, lässt selbst nach 24 Stunden die ganze Membran ungefärbt.

Das Verhalten gegenüber den beiden letztgenannten Farbstoffen zeigt, dass auch die mit Jodreagentien sich bläuende Substanz der Calotte keine gewöhnliche Cellulose sein kann. Um so mehr gilt dasselbe für die Substanz der Schleimschicht, bei der auch die Chlorzinkjodreaction versagt. Andererseits lehrt die intensive Färbbarkeit der Faden- und Gallenmembran

mit Hämatoxylin, dass dieses in Wirklichkeit kein ausschliesslicher Cellulosefarbstoff ist.

Ich füge hinzu, dass die wachsende Membran noch junger Gallen die Einthümlichkeiten der erwachsenen Gallenmembran noch nicht zeigt, vielmehr sich gegen $J + H_2SO_4$ so verhält wie die Fadenmembran. Gebläut werden auch die ihr anhaftenden Fetzen der alten Membranschichten, aus denen später die Schleimschicht hervorgeht.

Ziehen wir das Facit des vorliegenden Abschnittes, so finden wir in der Membran der Galle eine ganze Anzahl verschiedener mikrochemisch mehr oder weniger scharf charakterisirter Substanzen, von denen die Grundsubstanz der farblosen Lamellen und zum Theil die Substanz der Schleimschicht mit der Membran der übrigen Theile des *Vaucheria*-Thallus gemeinsam ist, während die beiden Substanzen der Calotte sowie die Grundsubstanz und der Farbstoff der dichten Lamellen, soweit nachweisbar, nur der Galle eigenthümlich sind.

Der Inhalt der Galle.

Der protoplasmatische Wandbeleg der *Vaucheria*-Fäden ist bekanntlich mit Ausnahme der Vegetationskegel sehr dünn und enthält nur eine Schicht Chlorophyllkörner. Die Gallen dagegen enthalten von den jüngsten Entwicklungsstadien an einen sehr dicken Wandbeleg (Fig 9*a*, Taf. VIII) mit mehreren Schichten sehr dicht gedrängter Chlorophyllkörner, in Folge dessen die jungen Gallen als dunkelgrüne Emergenzen am Faden sehr in die Augen fallen; auch die an die Galle angrenzende Partie des Tragfadens zeichnet sich durch einen mächtigen Wandbeleg aus, welcher erst in einer gewissen Entfernung von der Galle allmählich die normale geringe Dicke annimmt. Während der starken Volumenzunahme der wachsenden Galle ist kein Dünnerwerden des Wandbeleges zu bemerken, eher nimmt seine Dicke noch etwas zu (Fig. 9*b*, Taf. VIII); erst in der ausgewachsenen Galle ist der Wandbeleg wieder etwas dünner, doch immer noch ungewöhnlich dick (Fig. 9*c*, Taf. VIII), mit mehreren Schichten von Chlorophyllkörnern. Da trotz der Vertheilung des Wandbeleges auf eine viel grössere Fläche und trotz der Gefrässigkeit des Parasiten,

der sich vom Wandbeleg nährt, die Dicke des letzteren sich längere Zeit nicht vermindert, so muss offenbar ein beständiger Zufluss von Protoplasma und Chlorophyllkörnern zu der sich bildenden und wachsenden Galle stattfinden. Dem entsprechend sieht man denn auch die weiter abgelegenen Fadenpartien sich mehr und mehr entleeren, in dem Maasse wie der Plasmagehalt der Galle steigt. Auch wenn die Galle bereits erwachsen ist, fährt diese Entleerung des Tragfadens fort, und man findet schliesslich oft auf längerer Strecke nur ganz vereinzelte oder auch gar keine Chlorophyllkörner mehr, so dass solche Strecken des Fadens vollkommen leer und todt aussehen können. In Wirklichkeit sind aber die Fadentheile, welche noch nicht durch Querwände abgegrenzt worden sind, lebendig und enthalten einen freilich überaus zarten, ganz hyalinen Protoplasmaschlauch, der nur durch Plasmolyse zur Anschauung zu bringen ist; wahrscheinlich sind hier nur die beiden Hautschichten übrig geblieben, und alles, was sich bewegen kann, also die Hauptmasse des Cytoplasmas nebst Kernen und Chlorophyllkörnern, ist in der Richtung nach der Galle zu ausgewandert. Früher oder später, meist bevor noch die Auswanderung des Inhalts so weit gegangen ist, wie eben beschrieben, werden die sich entleerenden Fadenpartien durch Querwände abgegrenzt und sterben alsdann sofort ab. Befindet sich die Galle auf einem nur kurzem Fadenstück, so kann es vorkommen, dass fast das ganze Fadenstück sich entleert und nur eine relativ kurze End- oder Mittelpartie, auf der die Galle aufsitzt, durch Querwände von den absterbenden Partieen abgegrenzt, am Leben bleibt. Befindet sich dagegen die Galle auf einem längeren Faden, so zeigt sich, dass das Gebiet der von ihr ausgeübten Anziehung ein begrenztes ist; die Entleerung beschränkt sich nur auf eine gewisse Strecke von der Galle aus, während die weiter abliegenden Fadenpartien normal grün bleiben. Dann werden die am meisten entleerten Fadenstücke schliesslich beiderseits durch Querwände abgegrenzt und sterben ab, so dass die entfernteren normal bleibenden Fadentheile durch todte Fadenstücke von dem die Galle tragenden Fadentheil getrennt werden (so war es z. B. in dem in Fig. 9*d*, Taf. VIII dargestellten Fall); in dem letzteren kann die Entleerung dann noch fortfahren und seine Enden können nochmals abge-

grenzt werden und absterben. Oder aber die die Galle tragende, mehr oder weniger entleerte Fadenpartie wird erst sehr spät von den entlegeneren, normal bleibenden Fadentheilen durch Querwände abgegrenzt und stirbt dann bald in toto mit sammt der Galle ab; dies scheint der häufigste Fall zu sein.

Doch kehren wir zu dem Inhalt der eben ausgewachsenen Galle zurück. Dieselbe enthält, wie gesagt, einen dicken Protoplasmawandbeleg mit mehreren Schichten von Chlorophyllkörnern; Einzelheiten lassen sich wegen der Undurchsichtigkeit des Wandbeleges jetzt noch kaum erkennen. Nun wird aber der Wandbeleg von dem im Saftraum sich aufhaltenden Parasiten allmählich aufgefressen, und obschon der Zustrom von Protoplasma aus dem Faden fortdauert, so wird er doch natürlich mit der Zeit immer schwächer und schwächer und vermag die stattfindenden Verluste nicht zu decken. Daher wird der Wandbeleg der Galle im Laufe der Zeit zusehends dünner und enthält nach einigen Tagen nur noch eine Schicht Chlorophyllkörner. Jetzt erst lässt sich der Galleninhalt klar übersehen. Es zeigt sich, dass die Chlorophyllkörner, die im Faden annähernd spindelförmig oder wenigstens etwas gestreckt sind, in der Galle rundliche Form haben. Ausser den Chlorophyllkörnern sind meist ziemlich reichlich die Oeltropfen vorhanden, welche bei *Vaucheria* bekanntlich das Assimilationsproduct darstellen (Fig. 12, Taf. VIII); sie sind nach innen von der Chlorophyllkörnerschicht gelegen; ihre relative Menge und durchschnittliche Grösse nimmt mit dem Alter der Galle deutlich zu.

Wenn der Wandbeleg dünn und die Galle in Folge dessen einigermassen durchsichtig geworden ist, lässt sich auch das Benehmen des sie bewohnenden Parasiten beobachten. Derselbe ist in fast fortwährender Bewegung und wechselt häufig seinen Ort in der Galle; von Zeit zu Zeit setzt er sich mit dem Kopfe fest und frisst. Zweimal ist es mir nun gelungen direct zu beobachten, wie das Fressen erfolgt. Das Thier saugt sich mit der Bauchseite des Kopfes, welche mit zahlreichen Wimpern besetzt ist und wo sich die Mundöffnung befindet, an dem Wandbeleg der Galle an und lässt seine Wimpern in demselben herumwirbeln; man sieht, wie die Chlorophyllkörner durch das Wimperspiel in Bewegung versetzt werden, wie einzelne Körner

oder kleine Gruppen solcher, wahrscheinlich von einem Klümpchen Cytoplasma umgeben, losgelöst werden und in den Saftraum gelangen. Das Thier haftet an dem Wandbeleg so fest an, dass dieser den ruckweisen Bewegungen seines Körpers folgt und sich von ihm hin- und herzerren lässt. An der Stelle, wo der Kopf dem Wandbeleg anliegt, bildet sich eine flach trichterförmige Vorwölbung der inneren chlorophyllführenden Plasmaschicht, deren Spitze offenbar in den Schlund des Thieres führt, und man sieht von Zeit zu Zeit Chlorophyllkörner einzeln oder gruppenweise in den Körper des Thieres übergehen und hier verschwinden; auch die Oeltropfen werden aufgenommen und jedenfalls auch das Cytoplasma, obgleich die Aufnahme des letzteren nicht direct zu verfolgen ist. Es macht den Eindruck, dass die Aufnahme der Nahrung durch eine von dem Thier ausgeübte Saugwirkung bewerkstelligt wird, der Kauapparat scheint hierbei keine Rolle zu spielen. In kurzer Zeit entsteht dort, wo das Thier sich festgesetzt hat, eine von Chlorophyllkörnern freie Stelle im Wandbeleg; alsdann lässt das Thier los und begiebt sich an eine andere Stelle; der Ort, wo es gefressen hat, bleibt nur kurze Zeit erkennbar, da sich bald die gleichmässige Vertheilung der Chlorophyllkörner wiederherstellt.

Es ist nach diesen Beobachtungen zweifellos, dass der gesammte Wandbeleg, mit Einschluss der Chlorophyllkörner, vom Parasiten gefressen wird. Balbiani[1]) behauptet zwar ausdrücklich, dass ausschliesslich das farblose Protoplasma aufgenommen wird, was sich daraus ergeben soll, dass der Darmkanal des Thieres keine grüne Substanz enthält. Doch ist die letztere Angabe einfach unrichtig; der angeschwollene Magen des Thieres enthält reichlich Chlorophyllkörner, nur sind dieselben durch ebenfalls reichlich vorhandene schwarzbraune Körnchen verdeckt. Zerdrückt man das aus einer aufgeschnittenen Galle isolirte Thier, so überzeugt man sich, dass der Magen sogar grösstentheils mit einer Menge meist ganz normal grün gefärbter und äusserlich ganz unveränderter Chlorophyllkörner angefüllt ist; in günstigen Fällen sieht man die grüne Farbe schon am unverletzten Thier durchschimmern, und einmal fand ich sogar bei einem

1) l. c., p. 30.

kommen desorganisirter Zwischenstufen von unverkennbar plasmatischem Charakter.

Es erübrigt noch einige Worte über den Inhalt der Hornenden zu sagen. An der soeben ausgewachsenen Galle ist der protoplasmatische Wandbeleg hier bedeutend dicker als anderswo (Fig. 10*a*, Taf. VIII); ausser einer sehr dicken, chlorophyllführenden Schicht besteht er aus einer mehr oder weniger mächtigen Hyaloplasmaschicht, welche die Calotte von innen auskleidet. Manchmal bleibt diese Hyaloplasmaschicht in bedeutender Mächtigkeit ziemlich lange erhalten (Fig. 12, Taf. VIII). Zuweilen scheint der Wandbeleg in den Hornenden ziemlich weit von der Membran abzustehen; nähere Untersuchung zeigt indess, dass der anscheinend leere Raum im Hornende ein hyaloplasmatisches Wabenwerk enthält, in dessen Knotenpunkten einzelne Chlorophyllkörner liegen können[1]). Das Hyaloplasma scheint mit der Calotte in besonders innige Verbindung zu sein; bei Plasmolyse tritt der Wandbeleg von der übrigen Gallenmembran leicht zurück und bleibt mit derselben nur durch zahlreiche feine Fäden in Verbindung, in den Hörnerenden löst er sich hingegen nur schwer ab und bleibt mit der Calotte durch einen oder einige dicke Stränge verbunden. Ich habe früher[2]) ein ähnliches Verhalten an der Endwand des Fortsatzes der *Saprolegnia*-Sporangien beobachtet, welche ebenso wie die Calotten der *Vaucheria*-Gallen sich von der übrigen Membran durch ihr Aussehen unterscheidet und dazu bestimmt ist bald aufgelöst zu werden; hier wie dort dürfte die innige Verbindung der betreffenden Membranpartie mit dem Protoplasma in einem gewissen causalen Zusammenhang mit der späteren Auflösung stehen. — Früher oder später schwindet schliesslich die Hyaloplasmaansammlung in den Hornenden; sie scheint zur Verdickung der Calotte verwandt zu werden, wofern eine solche stattfindet; es bleibt alsdann hier ein eben solcher dünner, eine

1) Es kommt aber auch als Folge eines Druckes auf die Galle, z. B. beim Auflegen eines Deckglases, vor, dass der Wandbeleg sich wirklich etwas von der Calotte abhebt, wie in Fig. 10*b*, Taf. VIII; diese als Reizerscheinung aufzufassende Ablösung ist aber nur vorübergehend, und bald schmiegt sich der Wandbeleg wieder dicht der Membran an.

2) Rothert, Die Entwickelung der Sporangien bei den *Saprolegnieen*. Cohn's Beiträge zur Biologie der Pflanzen, Bd. V, Heft II, 1890, p. 302, 321.

Thier (das wahrscheinlich soeben erst gefressen hatte) den vorderen Theil des Magens nur mit Chlorophyllkörnern angefüllt. Botanisch interessant ist hierbei die Thatsache, dass die Chlorophyllkörner offenbar lange äusserlich intact im Körper des Thieres verbleiben. Die Chlorophyllkörner der *Vaucheria* sind überhaupt ungewöhnlich resistent, sie werden in Wasser nicht im geringsten desorganisirt. Im Magen des Thieres werden zwar wohl die verdaulichen Bestandtheile, an denen ja Chlorophyllkörner bekanntlich relativ reich sind, aus ihnen extrahirt und als Nahrung verwandt, es bleibt aber neben einem unverdaulichen Rest des Substrates, welcher die Form des Kornes behält, auch der offenbar ebenfalls unverdauliche Farbstoff unverändert zurück.

Auffallend ist es, dass man in den Gallen keine Excremente des Parasiten antrifft, die sich doch, wenn sie ausgeschieden würden, allmählich in nicht unbedeutender Menge ansammeln müssten. Ich glaube daher, trotz der gegentheiligen Behauptung Balbiani's[1]), dass bei unserem Thier die Entleerung von festen Excrementen überhaupt unterbleibt[2]). Dadurch würde es sich auch erklären, dass die unverdauten Speisereste sich mit zunehmendem Alter des Thieres in immer steigender Menge in seinem Magen anhäufen und so die unförmliche Auftreibung des Magens und des ganzen Körpers veranlassen.

Anfänglich glaubte ich allerdings Excremente gefunden zu haben; ich hielt dafür ziemlich voluminöse, hellbraune durchscheinende Kugeln, welche manchmal verfärbte Chlorophyllkörner enthalten und die man oft zu mehreren in den Gallen antrifft (Fig. 10*b*, Taf. VIII). Doch musste ich meine Meinung ändern, als ich mich überzeugte, dass die nämlichen Gebilde auch in spontan absterbenden Fadenpartien zu finden sind. Sie sind offenbar nichts anderes als Umwandlungsproducte der Protoplasmapartikeln, die durch die Wimperbewegung des Parasiten vom Wandbeleg abgelöst werden, in den Saftraum gelangen und hier unter Aufquellung allmählich desorganisirt werden; in dieser Meinung bestärkt mich das Vorkommen noch unvoll-

1) l. c., p. 18.

2) Auch die *Cecidomyia*-Larven, welche in Gallen höherer Pflanzen leben, entleeren keinen Koth (Beyerinck, Botan. Zeitung 1885, p. 310, Anmerkung).

kommen desorganisirter Zwischenstufen von unverkennbar plasmatischem Charakter.

Es erübrigt noch einige Worte über den Inhalt der Hornenden zu sagen. An der soeben ausgewachsenen Galle ist der protoplasmatische Wandbeleg hier bedeutend dicker als anderswo (Fig. 10*a*, Taf. VIII); ausser einer sehr dicken, chlorophyllführenden Schicht besteht er aus einer mehr oder weniger mächtigen Hyaloplasmaschicht, welche die Calotte von innen auskleidet. Manchmal bleibt diese Hyaloplasmaschicht in bedeutender Mächtigkeit ziemlich lange erhalten (Fig. 12, Taf. VIII). Zuweilen scheint der Wandbeleg in den Hornenden ziemlich weit von der Membran abzustehen; nähere Untersuchung zeigt indess, dass der anscheinend leere Raum im Hornende ein hyaloplasmatisches Wabenwerk enthält, in dessen Knotenpunkten einzelne Chlorophyllkörner liegen können[1]). Das Hyaloplasma scheint mit der Calotte in besonders innige Verbindung zu sein; bei Plasmolyse tritt der Wandbeleg von der übrigen Gallenmembran leicht zurück und bleibt mit derselben nur durch zahlreiche feine Fäden in Verbindung, in den Hörnerenden löst er sich hingegen nur schwer ab und bleibt mit der Calotte durch einen oder einige dicke Stränge verbunden. Ich habe früher[2]) ein ähnliches Verhalten an der Endwand des Fortsatzes der *Saprolegnia*-Sporangien beobachtet, welche ebenso wie die Calotten der *Vaucheria*-Gallen sich von der übrigen Membran durch ihr Aussehen unterscheidet und dazu bestimmt ist bald aufgelöst zu werden; hier wie dort dürfte die innige Verbindung der betreffenden Membranpartie mit dem Protoplasma in einem gewissen causalen Zusammenhang mit der späteren Auflösung stehen. — Früher oder später schwindet schliesslich die Hyaloplasmaansammlung in den Hornenden; sie scheint zur Verdickung der Calotte verwandt zu werden, wofern eine solche stattfindet; es bleibt alsdann hier ein eben solcher dünner, eine

---

1) Es kommt aber auch als Folge eines Druckes auf die Galle, z. B. beim Auflegen eines Deckglases, vor, dass der Wandbeleg sich wirklich etwas von der Calotte abhebt, wie in Fig. 10*b*, Taf. VIII; diese als Reizerscheinung aufzufassende Ablösung ist aber nur vorübergehend, und bald schmiegt sich der Wandbeleg wieder di[illegible] Membran an.

[illegible]thert, Die Entwickelung der Sporangien bei den *Saprolegnieen*. Cohn's [illegible] der Pflanzen, Bd. V, Heft II, 1890, p. 302, 321.

Thier (das wahrscheinlich soeben erst gefressen hatte) den vorderen Theil des Magens nur mit Chlorophyllkörnern angefüllt. Botanisch interessant ist hierbei die Thatsache, dass die Chlorophyllkörner offenbar lange äusserlich intact im Körper des Thieres verbleiben. Die Chlorophyllkörner der *Vaucheria* sind überhaupt ungewöhnlich resistent, sie werden in Wasser nicht im geringsten desorganisirt. Im Magen des Thieres werden zwar wohl die verdaulichen Bestandtheile, an denen ja Chlorophyllkörner bekanntlich relativ reich sind, aus ihnen extrahirt und als Nahrung verwandt, es bleibt aber neben einem unverdaulichen Rest des Substrates, welcher die Form des Kornes behält, auch der offenbar ebenfalls unverdauliche Farbstoff unverändert zurück.

Auffallend ist es, dass man in den Gallen keine Excremente des Parasiten antrifft, die sich doch, wenn sie ausgeschieden würden, allmählich in nicht unbedeutender Menge ansammeln müssten. Ich glaube daher, trotz der gegentheiligen Behauptung Balbiani's[1]), dass bei unserem Thier die Entleerung von festen Excrementen überhaupt unterbleibt[2]). Dadurch würde es sich auch erklären, dass die unverdauten Speisereste sich mit zunehmendem Alter des Thieres in immer steigender Menge in seinem Magen anhäufen und so die unförmliche Auftreibung des Magens und des ganzen Körpers veranlassen.

Anfänglich glaubte ich allerdings Excremente gefunden zu haben; ich hielt dafür ziemlich voluminöse, hellbraune durchscheinende Kugeln, welche manchmal verfärbte Chlorophyllkörner enthalten und die man oft zu mehreren in den Gallen antrifft (Fig. 10*b*, Taf. VIII). Doch musste ich meine Meinung ändern, als ich mich überzeugte, dass die nämlichen Gebilde auch in spontan absterbenden Fadenpartien zu finden sind. Sie sind offenbar nichts anderes als Umwandlungsproducte der Protoplasmapartikeln, die durch die Wimperbewegung des Parasiten vom Wandbeleg abgelöst werden, in den Saftraum gelangen und hier unter Aufquellung allmählich desorganisirt werden; in dieser Meinung bestärkt mich das Vorkommen noch unvoll-

---

1) l. c., p. 18.

2) Auch die *Cecidomyia*-Larven, welche in Gallen höherer Pflanzen leben, entleeren keinen Koth (Beyerinck, Botan. Zeitung 1885, p. 310, Anmerkung).

kommen desorganisirter Zwischenstufen von unverkennbar plasmatischem Charakter.

Es erübrigt noch einige Worte über den Inhalt der Hornenden zu sagen. An der soeben ausgewachsenen Galle ist der protoplasmatische Wandbeleg hier bedeutend dicker als anderswo (Fig. 10*a*, Taf. VIII); ausser einer sehr dicken, chlorophyllführenden Schicht besteht er aus einer mehr oder weniger mächtigen Hyaloplasmaschicht, welche die Calotte von innen auskleidet. Manchmal bleibt diese Hyaloplasmaschicht in bedeutender Mächtigkeit ziemlich lange erhalten (Fig. 12, Taf. VIII). Zuweilen scheint der Wandbeleg in den Hornenden ziemlich weit von der Membran abzustehen; nähere Untersuchung zeigt indess, dass der anscheinend leere Raum im Hornende ein hyaloplasmatisches Wabenwerk enthält, in dessen Knotenpunkten einzelne Chlorophyllkörner liegen können[1]). Das Hyaloplasma scheint mit der Calotte in besonders innige Verbindung zu sein; bei Plasmolyse tritt der Wandbeleg von der übrigen Gallenmembran leicht zurück und bleibt mit derselben nur durch zahlreiche feine Fäden in Verbindung, in den Hörnerenden löst er sich hingegen nur schwer ab und bleibt mit der Calotte durch einen oder einige dicke Stränge verbunden. Ich habe früher[2]) ein ähnliches Verhalten an der Endwand des Fortsatzes der *Saprolegnia*-Sporangien beobachtet, welche ebenso wie die Calotten der *Vaucheria*-Gallen sich von der übrigen Membran durch ihr Aussehen unterscheidet und dazu bestimmt ist bald aufgelöst zu werden; hier wie dort dürfte die innige Verbindung der betreffenden Membranpartie mit dem Protoplasma in einem gewissen causalen Zusammenhang mit der späteren Auflösung stehen. — Früher oder später schwindet schliesslich die Hyaloplasmaansammlung in den Hornenden; sie scheint zur Verdickung der Calotte verwandt zu werden, wofern eine solche stattfindet; es bleibt alsdann hier ein eben solcher dünner, eine

1) Es kommt aber auch als Folge eines Druckes auf die Galle, z. B. beim Auflegen eines Deckglases, vor, dass der Wandbeleg sich wirklich etwas von der Calotte abhebt, wie in Fig. 10*b*, Taf. VIII; diese als Reizerscheinung aufzufassende Ablösung ist aber nur vorübergehend, und bald schmiegt sich der Wandbeleg wieder di[illegible] Membran an.

2) [illegible]thert, Die Entwickelung der Sporangien bei den *Saprolegnieen*. Cohn's [illegible] der Pflanzen, Bd. V, Heft II, 1890, p. 302, 321.

Thier (das wahrscheinlich soeben erst gefressen hatte) den vorderen Theil des Magens nur mit Chlorophyllkörnern angefüllt. Botanisch interessant ist hierbei die Thatsache, dass die Chlorophyllkörner offenbar lange äusserlich intact im Körper des Thieres verbleiben. Die Chlorophyllkörner der *Vaucheria* sind überhaupt ungewöhnlich resistent, sie werden in Wasser nicht im geringsten desorganisirt. Im Magen des Thieres werden zwar wohl die verdaulichen Bestandtheile, an denen ja Chlorophyllkörner bekanntlich relativ reich sind, aus ihnen extrahirt und als Nahrung verwandt, es bleibt aber neben einem unverdaulichen Rest des Substrates, welcher die Form des Kornes behält, auch der offenbar ebenfalls unverdauliche Farbstoff unverändert zurück.

Auffallend ist es, dass man in den Gallen keine Excremente des Parasiten antrifft, die sich doch, wenn sie ausgeschieden würden, allmählich in nicht unbedeutender Menge ansammeln müssten. Ich glaube daher, trotz der gegentheiligen Behauptung Balbiani's [1]), dass bei unserem Thier die Entleerung von festen Excrementen überhaupt unterbleibt [2]). Dadurch würde es sich auch erklären, dass die unverdauten Speisereste sich mit zunehmendem Alter des Thieres in immer steigender Menge in seinem Magen anhäufen und so die unförmliche Auftreibung des Magens und des ganzen Körpers veranlassen.

Anfänglich glaubte ich allerdings Excremente gefunden zu haben; ich hielt dafür ziemlich voluminöse, hellbraune durchscheinende Kugeln, welche manchmal verfärbte Chlorophyllkörner enthalten und die man oft zu mehreren in den Gallen antrifft (Fig. 10*b*, Taf. VIII). Doch musste ich meine Meinung ändern, als ich mich überzeugte, dass die nämlichen Gebilde auch in spontan absterbenden Fadenpartien zu finden sind. Sie sind offenbar nichts anderes als Umwandlungsproducte der Protoplasmapartikeln, die durch die Wimperbewegung des Parasiten vom Wandbeleg abgelöst werden, in den Saftraum gelangen und hier unter Aufquellung allmählich desorganisirt werden; in dieser Meinung bestärkt mich das Vorkommen noch unvoll-

---

1) l. c., p. 18.

2) Auch die *Cecidomyia*-Larven, welche in Gallen höherer Pflanzen leben, entleeren keinen Koth (Beyerinck, Botan. Zeitung 1885, p. 310, Anmerkung).

kommen desorganisirter Zwischenstufen von unverkennbar plasmatischem Charakter.

Es erübrigt noch einige Worte über den Inhalt der Hornenden zu sagen. An der soeben ausgewachsenen Galle ist der protoplasmatische Wandbeleg hier bedeutend dicker als anderswo (Fig. 10*a*, Taf. VIII); ausser einer sehr dicken, chlorophyllführenden Schicht besteht er aus einer mehr oder weniger mächtigen Hyaloplasmaschicht, welche die Calotte von innen auskleidet. Manchmal bleibt diese Hyaloplasmaschicht in bedeutender Mächtigkeit ziemlich lange erhalten (Fig. 12, Taf. VIII). Zuweilen scheint der Wandbeleg in den Hornenden ziemlich weit von der Membran abzustehen; nähere Untersuchung zeigt indess, dass der anscheinend leere Raum im Hornende ein hyaloplasmatisches Wabenwerk enthält, in dessen Knotenpunkten einzelne Chlorophyllkörner liegen können[1]). Das Hyaloplasma scheint mit der Calotte in besonders innige Verbindung zu sein; bei Plasmolyse tritt der Wandbeleg von der übrigen Gallenmembran leicht zurück und bleibt mit derselben nur durch zahlreiche feine Fäden in Verbindung, in den Hörnerenden löst er sich hingegen nur schwer ab und bleibt mit der Calotte durch einen oder einige dicke Stränge verbunden. Ich habe früher[2]) ein ähnliches Verhalten an der Endwand des Fortsatzes der *Saprolegnia*-Sporangien beobachtet, welche ebenso wie die Calotten der *Vaucheria*-Gallen sich von der übrigen Membran durch ihr Aussehen unterscheidet und dazu bestimmt ist bald aufgelöst zu werden; hier wie dort dürfte die innige Verbindung der betreffenden Membranpartie mit dem Protoplasma in einem gewissen causalen Zusammenhang mit der späteren Auflösung stehen. — Früher oder später schwindet schliesslich die Hyaloplasmaansammlung in den Hornenden; sie scheint zur Verdickung der Calotte verwandt zu werden, wofern eine solche stattfindet; es bleibt alsdann hier ein eben solcher dünner, eine

---

1) Es kommt aber auch als Folge eines Druckes auf die Galle, z. B. beim Auflegen eines Deckglases, vor, dass der Wandbeleg sich wirklich etwas von der Calotte abhebt, wie in Fig. 10*b*, Taf. VIII; diese als Reizerscheinung aufzufassende Ablösung ist aber nur vorübergehend, und bald schmiegt sich der Wandbeleg wieder di[illegible] Membran an.

[illegible]thert, Die Entwickelung der Sporangien bei den *Saprolegnieen*. Cohn's [illegible] der Pflanzen, Bd. V, Heft II, 1890, p. 302, 321.

Thier (das wahrscheinlich soeben erst gefressen hatte) den vorderen Theil des Magens nur mit Chlorophyllkörnern angefüllt. Botanisch interessant ist hierbei die Thatsache, dass die Chlorophyllkörner offenbar lange äusserlich intact im Körper des Thieres verbleiben. Die Chlorophyllkörner der *Vaucheria* sind überhaupt ungewöhnlich resistent, sie werden in Wasser nicht im geringsten desorganisirt. Im Magen des Thieres werden zwar wohl die verdaulichen Bestandtheile, an denen ja Chlorophyllkörner bekanntlich relativ reich sind, aus ihnen extrahirt und als Nahrung verwandt, es bleibt aber neben einem unverdaulichen Rest des Substrates, welcher die Form des Kornes behält, auch der offenbar ebenfalls unverdauliche Farbstoff unverändert zurück.

Auffallend ist es, dass man in den Gallen keine Excremente des Parasiten antrifft, die sich doch, wenn sie ausgeschieden würden, allmählich in nicht unbedeutender Menge ansammeln müssten. Ich glaube daher, trotz der gegentheiligen Behauptung Balbiani's[1]), dass bei unserem Thier die Entleerung von festen Excrementen überhaupt unterbleibt[2]). Dadurch würde es sich auch erklären, dass die unverdauten Speisereste sich mit zunehmendem Alter des Thieres in immer steigender Menge in seinem Magen anhäufen und so die unförmliche Auftreibung des Magens und des ganzen Körpers veranlassen.

Anfänglich glaubte ich allerdings Excremente gefunden zu haben; ich hielt dafür ziemlich voluminöse, hellbraune durchscheinende Kugeln, welche manchmal verfärbte Chlorophyllkörner enthalten und die man oft zu mehreren in den Gallen antrifft (Fig. 10*b*, Taf. VIII). Doch musste ich meine Meinung ändern, als ich mich überzeugte, dass die nämlichen Gebilde auch in spontan absterbenden Fadenpartien zu finden sind. Sie sind offenbar nichts anderes als Umwandlungsproducte der Protoplasmapartikeln, die durch die Wimperbewegung des Parasiten vom Wandbeleg abgelöst werden, in den Saftraum gelangen und hier unter Aufquellung allmählich desorganisirt werden; in dieser Meinung bestärkt mich das Vorkommen noch unvoll-

---

1) l. c., p. 18.

2) Auch die *Cecidomyia*-Larven, welche in Gallen höherer Pflanzen leben, entleeren keinen Koth (Beyerinck, Botan. Zeitung 1885, p. 310, Anmerkung).

kommen desorganisirter Zwischenstufen von unverkennbar plasmatischem Charakter.

Es erübrigt noch einige Worte über den Inhalt der Hornenden zu sagen. An der soeben ausgewachsenen Galle ist der protoplasmatische Wandbeleg hier bedeutend dicker als anderswo (Fig. 10*a*, Taf. VIII); ausser einer sehr dicken, chlorophyllführenden Schicht besteht er aus einer mehr oder weniger mächtigen Hyaloplasmaschicht, welche die Calotte von innen auskleidet. Manchmal bleibt diese Hyaloplasmaschicht in bedeutender Mächtigkeit ziemlich lange erhalten (Fig. 12, Taf. VIII). Zuweilen scheint der Wandbeleg in den Hornenden ziemlich weit von der Membran abzustehen; nähere Untersuchung zeigt indess, dass der anscheinend leere Raum im Hornende ein hyaloplasmatisches Wabenwerk enthält, in dessen Knotenpunkten einzelne Chlorophyllkörner liegen können[1]). Das Hyaloplasma scheint mit der Calotte in besonders innige Verbindung zu sein; bei Plasmolyse tritt der Wandbeleg von der übrigen Gallenmembran leicht zurück und bleibt mit derselben nur durch zahlreiche feine Fäden in Verbindung, in den Hörnerenden löst er sich hingegen nur schwer ab und bleibt mit der Calotte durch einen oder einige dicke Stränge verbunden. Ich habe früher[2]) ein ähnliches Verhalten an der Endwand des Fortsatzes der *Saprolegnia*-Sporangien beobachtet, welche ebenso wie die Calotten der *Vaucheria*-Gallen sich von der übrigen Membran durch ihr Aussehen unterscheidet und dazu bestimmt ist bald aufgelöst zu werden; hier wie dort dürfte die innige Verbindung der betreffenden Membranpartie mit dem Protoplasma in einem gewissen causalen Zusammenhang mit der späteren Auflösung stehen. — Früher oder später schwindet schliesslich die Hyaloplasmaansammlung in den Hornenden; sie scheint zur Verdickung der Calotte verwandt zu werden, wofern eine solche stattfindet; es bleibt alsdann hier ein eben solcher dünner, eine

---

1) Es kommt aber auch als Folge eines Druckes auf die Galle, z. B. beim Auflegen eines Deckglases, vor, dass der Wandbeleg sich wirklich etwas von der Calotte abhebt, wie in Fig. 10*b*, Taf. VIII; diese als Reizerscheinung aufzufassende Ablösung ist aber nur vorübergehend, und bald schmiegt sich der Wandbeleg wieder di[illegible] Membran an.

2) [illegible]thert, Die Entwickelung der Sporangien bei den *Saprolegnieen*. Cohn's [illegible] der Pflanzen, Bd. V, Heft II, 1890, p. 302, 321.

Thier (das wahrscheinlich soeben erst gefressen hatte) den vorderen Theil des Magens nur mit Chlorophyllkörnern angefüllt. Botanisch interessant ist hierbei die Thatsache, dass die Chlorophyllkörner offenbar lange äusserlich intact im Körper des Thieres verbleiben. Die Chlorophyllkörner der *Vaucheria* sind überhaupt ungewöhnlich resistent, sie werden in Wasser nicht im geringsten desorganisirt. Im Magen des Thieres werden zwar wohl die verdaulichen Bestandtheile, an denen ja Chlorophyllkörner bekanntlich relativ reich sind, aus ihnen extrahirt und als Nahrung verwandt, es bleibt aber neben einem unverdaulichen Rest des Substrates, welcher die Form des Kornes behält, auch der offenbar ebenfalls unverdauliche Farbstoff unverändert zurück.

Auffallend ist es, dass man in den Gallen keine Excremente des Parasiten antrifft, die sich doch, wenn sie ausgeschieden würden, allmählich in nicht unbedeutender Menge ansammeln müssten. Ich glaube daher, trotz der gegentheiligen Behauptung Balbiani's [1]), dass bei unserem Thier die Entleerung von festen Excrementen überhaupt unterbleibt [2]). Dadurch würde es sich auch erklären, dass die unverdauten Speisereste sich mit zunehmendem Alter des Thieres in immer steigender Menge in seinem Magen anhäufen und so die unförmliche Auftreibung des Magens und des ganzen Körpers veranlassen.

Anfänglich glaubte ich allerdings Excremente gefunden zu haben; ich hielt dafür ziemlich voluminöse, hellbraune durchscheinende Kugeln, welche manchmal verfärbte Chlorophyllkörner enthalten und die man oft zu mehreren in den Gallen antrifft (Fig. 10*b*, Taf. VIII). Doch musste ich meine Meinung ändern, als ich mich überzeugte, dass die nämlichen Gebilde auch in spontan absterbenden Fadenpartien zu finden sind. Sie sind offenbar nichts anderes als Umwandlungsproducte der Protoplasmapartikeln, die durch die Wimperbewegung des Parasiten vom Wandbeleg abgelöst werden, in den Saftraum gelangen und hier unter Aufquellung allmählich desorganisirt werden; in dieser Meinung bestärkt mich das Vorkommen noch unvoll-

1) l. c., p. 18.

2) Auch die *Cecidomyia*-Larven, welche in Gallen höherer Pflanzen leben, entleeren keinen Koth (Beyerinck, Botan. Zeitung 1885, p. 310, Anmerkung).

kommen desorganisirter Zwischenstufen von unverkennbar plasmatischem Charakter.

Es erübrigt noch einige Worte über den Inhalt der Hornenden zu sagen. An der soeben ausgewachsenen Galle ist der protoplasmatische Wandbeleg hier bedeutend dicker als anderswo (Fig. 10*a*, Taf. VIII); ausser einer sehr dicken, chlorophyllführenden Schicht besteht er aus einer mehr oder weniger mächtigen Hyaloplasmaschicht, welche die Calotte von innen auskleidet. Manchmal bleibt diese Hyaloplasmaschicht in bedeutender Mächtigkeit ziemlich lange erhalten (Fig. 12, Taf. VIII). Zuweilen scheint der Wandbeleg in den Hornenden ziemlich weit von der Membran abzustehen; nähere Untersuchung zeigt indess, dass der anscheinend leere Raum im Hornende ein hyaloplasmatisches Wabenwerk enthält, in dessen Knotenpunkten einzelne Chlorophyllkörner liegen können[1]). Das Hyaloplasma scheint mit der Calotte in besonders innige Verbindung zu sein; bei Plasmolyse tritt der Wandbeleg von der übrigen Gallenmembran leicht zurück und bleibt mit derselben nur durch zahlreiche feine Fäden in Verbindung, in den Hörnerenden löst er sich hingegen nur schwer ab und bleibt mit der Calotte durch einen oder einige dicke Stränge verbunden. Ich habe früher[2]) ein ähnliches Verhalten an der Endwand des Fortsatzes der *Saprolegnia*-Sporangien beobachtet, welche ebenso wie die Calotten der *Vaucheria*-Gallen sich von der übrigen Membran durch ihr Aussehen unterscheidet und dazu bestimmt ist bald aufgelöst zu werden; hier wie dort dürfte die innige Verbindung der betreffenden Membranpartie mit dem Protoplasma in einem gewissen causalen Zusammenhang mit der späteren Auflösung stehen. — Früher oder später schwindet schliesslich die Hyaloplasmaansammlung in den Hornenden; sie scheint zur Verdickung der Calotte verwandt zu werden, wofern eine solche stattfindet; es bleibt alsdann hier ein eben solcher dünner, eine

---

1) Es kommt aber auch als Folge eines Druckes auf die Galle, z. B. beim Auflegen eines Deckglases, vor, dass der Wandbeleg sich wirklich etwas von der Calotte abhebt, wie in Fig. 10*b*, Taf. VIII; diese als Reizerscheinung aufzufassende Ablösung ist aber nur vorübergehend, und bald schmiegt sich der Wandbeleg wieder di[illegible] Membran an.

2) [illegible]thert, Die Entwickelung der Sporangien bei den *Saprolegnieen*. Cohn's [illegible] der Pflanzen, Bd. V, Heft II, 1890, p. 302, 321.

Thier (das wahrscheinlich soeben erst gefressen hatte) den vorderen Theil des Magens nur mit Chlorophyllkörnern angefüllt. Botanisch interessant ist hierbei die Thatsache, dass die Chlorophyllkörner offenbar lange äusserlich intact im Körper des Thieres verbleiben. Die Chlorophyllkörner der *Vaucheria* sind überhaupt ungewöhnlich resistent, sie werden in Wasser nicht im geringsten desorganisirt. Im Magen des Thieres werden zwar wohl die verdaulichen Bestandtheile, an denen ja Chlorophyllkörner bekanntlich relativ reich sind, aus ihnen extrahirt und als Nahrung verwandt, es bleibt aber neben einem unverdaulichen Rest des Substrates, welcher die Form des Kornes behält, auch der offenbar ebenfalls unverdauliche Farbstoff unverändert zurück.

Auffallend ist es, dass man in den Gallen keine Excremente des Parasiten antrifft, die sich doch, wenn sie ausgeschieden würden, allmählich in nicht unbedeutender Menge ansammeln müssten. Ich glaube daher, trotz der gegentheiligen Behauptung Balbiani's[1]), dass bei unserem Thier die Entleerung von festen Excrementen überhaupt unterbleibt[2]). Dadurch würde es sich auch erklären, dass die unverdauten Speisereste sich mit zunehmendem Alter des Thieres in immer steigender Menge in seinem Magen anhäufen und so die unförmliche Auftreibung des Magens und des ganzen Körpers veranlassen.

Anfänglich glaubte ich allerdings Excremente gefunden zu haben; ich hielt dafür ziemlich voluminöse, hellbraune durchscheinende Kugeln, welche manchmal verfärbte Chlorophyllkörner enthalten und die man oft zu mehreren in den Gallen antrifft (Fig. 10*b*, Taf. VIII). Doch musste ich meine Meinung ändern, als ich mich überzeugte, dass die nämlichen Gebilde auch in spontan absterbenden Fadenpartien zu finden sind. Sie sind offenbar nichts anderes als Umwandlungsproducte der Protoplasmapartikeln, die durch die Wimperbewegung des Parasiten vom Wandbeleg abgelöst werden, in den Saftraum gelangen und hier unter Aufquellung allmählich desorganisirt werden; in dieser Meinung bestärkt mich das Vorkommen noch unvoll-

1) l. c., p. 18.

2) Auch die *Cecidomyia*-Larven, welche in Gallen höherer Pflanzen leben, entleeren keinen Koth (Beyerinck, Botan. Zeitung 1885, p. 310, Anmerkung).

kommen desorganisirter Zwischenstufen von unverkennbar plasmatischem Charakter.

Es erübrigt noch einige Worte über den Inhalt der Hornenden zu sagen. An der soeben ausgewachsenen Galle ist der protoplasmatische Wandbeleg hier bedeutend dicker als anderswo (Fig. 10*a*, Taf. VIII); ausser einer sehr dicken, chlorophyllführenden Schicht besteht er aus einer mehr oder weniger mächtigen Hyaloplasmaschicht, welche die Calotte von innen auskleidet. Manchmal bleibt diese Hyaloplasmaschicht in bedeutender Mächtigkeit ziemlich lange erhalten (Fig. 12, Taf. VIII). Zuweilen scheint der Wandbeleg in den Hornenden ziemlich weit von der Membran abzustehen; nähere Untersuchung zeigt indess, dass der anscheinend leere Raum im Hornende ein hyaloplasmatisches Wabenwerk enthält, in dessen Knotenpunkten einzelne Chlorophyllkörner liegen können[1]. Das Hyaloplasma scheint mit der Calotte in besonders innige Verbindung zu sein; bei Plasmolyse tritt der Wandbeleg von der übrigen Gallenmembran leicht zurück und bleibt mit derselben nur durch zahlreiche feine Fäden in Verbindung, in den Hörnerenden löst er sich hingegen nur schwer ab und bleibt mit der Calotte durch einen oder einige dicke Stränge verbunden. Ich habe früher[2] ein ähnliches Verhalten an der Endwand des Fortsatzes der *Saprolegnia*-Sporangien beobachtet, welche ebenso wie die Calotten der *Vaucheria*-Gallen sich von der übrigen Membran durch ihr Aussehen unterscheidet und dazu bestimmt ist bald aufgelöst zu werden; hier wie dort dürfte die innige Verbindung der betreffenden Membranpartie mit dem Protoplasma in einem gewissen causalen Zusammenhang mit der späteren Auflösung stehen. — Früher oder später schwindet schliesslich die Hyaloplasmaansammlung in den Hornenden; sie scheint zur Verdickung der Calotte verwandt zu werden, wofern eine solche stattfindet; es bleibt alsdann hier ein eben solcher dünner, eine

1) Es kommt aber auch als Folge eines Druckes auf die Galle, z. B. beim Auflegen eines Deckglases, vor, dass der Wandbeleg sich wirklich etwas von der Calotte abhebt, wie in Fig. 10*b*, Taf. VIII; diese als Reizerscheinung aufzufassende Ablösung ist aber nur vorübergehend, und bald schmiegt sich der Wandbeleg wieder di[illegible] Membran an.

2) [illegible]thert, Die Entwickelung der Sporangien bei den *Saprolegnieen*. Cohn's [illegible] der Pflanzen, Bd. V, Heft II, 1890, p. 302, 321.

Thier (das wahrscheinlich soeben erst gefressen hatte) den vorderen Theil des Magens nur mit Chlorophyllkörnern angefüllt. Botanisch interessant ist hierbei die Thatsache, dass die Chlorophyllkörner offenbar lange äusserlich intact im Körper des Thieres verbleiben. Die Chlorophyllkörner der *Vaucheria* sind überhaupt ungewöhnlich resistent, sie werden in Wasser nicht im geringsten desorganisirt. Im Magen des Thieres werden zwar wohl die verdaulichen Bestandtheile, an denen ja Chlorophyllkörner bekanntlich relativ reich sind, aus ihnen extrahirt und als Nahrung verwandt, es bleibt aber neben einem unverdaulichen Rest des Substrates, welcher die Form des Kornes behält, auch der offenbar ebenfalls unverdauliche Farbstoff unverändert zurück.

Auffallend ist es, dass man in den Gallen keine Excremente des Parasiten antrifft, die sich doch, wenn sie ausgeschieden würden, allmählich in nicht unbedeutender Menge ansammeln müssten. Ich glaube daher, trotz der gegentheiligen Behauptung Balbiani's[1]), dass bei unserem Thier die Entleerung von festen Excrementen überhaupt unterbleibt[2]). Dadurch würde es sich auch erklären, dass die unverdauten Speisereste sich mit zunehmendem Alter des Thieres in immer steigender Menge in seinem Magen anhäufen und so die unförmliche Auftreibung des Magens und des ganzen Körpers veranlassen.

Anfänglich glaubte ich allerdings Excremente gefunden zu haben; ich hielt dafür ziemlich voluminöse, hellbraune durchscheinende Kugeln, welche manchmal verfärbte Chlorophyllkörner enthalten und die man oft zu mehreren in den Gallen antrifft (Fig. 10*b*, Taf. VIII). Doch musste ich meine Meinung ändern, als ich mich überzeugte, dass die nämlichen Gebilde auch in spontan absterbenden Fadenpartien zu finden sind. Sie sind offenbar nichts anderes als Umwandlungsproducte der Protoplasmapartikeln, die durch die Wimperbewegung des Parasiten vom Wandbeleg abgelöst werden, in den Saftraum gelangen und hier unter Aufquellung allmählich desorganisirt werden; in dieser Meinung bestärkt mich das Vorkommen noch unvoll-

---

1) l. c., p. 18.

2) Auch die *Cecidomyia*-Larven, welche in Gallen höherer Pflanzen leben, entleeren keinen Koth (Beyerinck, Botan. Zeitung 1885, p. 310, Anmerkung).

kommen desorganisirter Zwischenstufen von unverkennbar plasmatischem Charakter.

Es erübrigt noch einige Worte über den Inhalt der Hornenden zu sagen. An der soeben ausgewachsenen Galle ist der protoplasmatische Wandbeleg hier bedeutend dicker als anderswo (Fig. 10*a*, Taf. VIII); ausser einer sehr dicken, chlorophyllführenden Schicht besteht er aus einer mehr oder weniger mächtigen Hyaloplasmaschicht, welche die Calotte von innen auskleidet. Manchmal bleibt diese Hyaloplasmaschicht in bedeutender Mächtigkeit ziemlich lange erhalten (Fig. 12, Taf. VIII). Zuweilen scheint der Wandbeleg in den Hornenden ziemlich weit von der Membran abzustehen; nähere Untersuchung zeigt indess, dass der anscheinend leere Raum im Hornende ein hyaloplasmatisches Wabenwerk enthält, in dessen Knotenpunkten einzelne Chlorophyllkörner liegen können[1]). Das Hyaloplasma scheint mit der Calotte in besonders innige Verbindung zu sein; bei Plasmolyse tritt der Wandbeleg von der übrigen Gallenmembran leicht zurück und bleibt mit derselben nur durch zahlreiche feine Fäden in Verbindung, in den Hörnerenden löst er sich hingegen nur schwer ab und bleibt mit der Calotte durch einen oder einige dicke Stränge verbunden. Ich habe früher[2]) ein ähnliches Verhalten an der Endwand des Fortsatzes der *Saprolegnia*-Sporangien beobachtet, welche ebenso wie die Calotten der *Vaucheria*-Gallen sich von der übrigen Membran durch ihr Aussehen unterscheidet und dazu bestimmt ist bald aufgelöst zu werden; hier wie dort dürfte die innige Verbindung der betreffenden Membranpartie mit dem Protoplasma in einem gewissen causalen Zusammenhang mit der späteren Auflösung stehen. — Früher oder später schwindet schliesslich die Hyaloplasmaansammlung in den Hornenden; sie scheint zur Verdickung der Calotte verwandt zu werden, wofern eine solche stattfindet; es bleibt alsdann hier ein eben solcher dünner, eine

1) Es kommt aber auch als Folge eines Druckes auf die Galle, z. B. beim Auflegen eines Deckglases, vor, dass der Wandbeleg sich wirklich etwas von der Calotte abhebt, wie in Fig. 10*b*, Taf. VIII; diese als Reizerscheinung aufzufassende Ablösung ist aber nur vorübergehend, und bald schmiegt sich der Wandbeleg wieder dicht der Membran an.

2) Rothert, Die Entwickelung der Sporangien bei den *Saprolegnieen*. Cohn's Beiträge zur Biologie der Pflanzen, Bd. V, Heft II, 1890, p. 302, 321.

Schicht Chlorophyllkörner führender Wandbeleg zurück, wie in der übrigen Galle.

Die auf eine einfache Schicht reducirten Chlorophyllkörner in dem dünn gewordenen Wandbeleg der Galle liegen zunächst noch sehr dicht beieinander, die Schicht derselben ist fast ununterbrochen.. Da jedoch der Parasit den Wandbeleg zu fressen fortfährt, der Zufluss aus dem Faden aber sehr gering wird und schliesslich ganz aufhört, so wird mit zunehmendem Alter der Galle die Chlorophyllkörnerschicht lockerer (Fig. 12, Taf. VIII), es entstehen von Chlorophyllkörnern freie Stellen, bis zuletzt die Chlorophyllkörner nur noch ganz vereinzelt in dem äusserst dünnen Wandbeleg zerstreut sind (Fig. 10*b* und 9*d*, Taf. VIII, in letzterer ist die ungefähre Vertheilung der Chlorophyllkörner in Galle und Tragfaden durch Punktirung angedeutet).

Jetzt ist für die Galle, die inzwischen sich nebst einem Tragfadenstück von den normal bleibenden Theilen des Fadens abgegrenzt hat, der Zeitpunkt des Absterbens gekommen. Der Wandbeleg zerfällt in einzelne unregelmässige Klumpen oder Fetzen, die man in Galle und Tragfadenstück zerstreut vorfindet (in Fig. 22, Taf. IX sind dieselben angedeutet). Seltener geschieht das Absterben der Galle schon früher, wenn der Wandbeleg noch relativ reich an Chlorophyllkörnern ist (jedenfalls aber erst nach erfolgter Abgrenzung); alsdann kann es vorkommen, dass der Wandbeleg nicht in einzelne Stücke zerfällt, sondern sich beim Absterben in toto contrahirt. Die todten Inhaltsreste werden von dem oft noch mehrere Tage am Leben bleibenden Parasiten verschmäht und können lange unverändert erhalten bleiben, wofern sie nicht den oft schon in die lebende Galle eingedrungenen Chytridien und Fadenpilzen oder den nach deren Oeffnung eindringenden verschiedenen thierischen Organismen zum Opfer fallen.

Um von dem Verlauf der Veränderungen, denen die Galle nach ihrem Auswachsen unterliegt, ein zusammenhängendes Gesammtbild zu geben, sei hier mein Kulturprotokoll über die in Fig. 9, Taf. VIII dargestelle Galle, deren Entwickelung von Anfang bis zu Ende beobachtet wurde, im Auszuge mitgetheilt.

28. October. (Fig. 9*c*, 10*a*, Taf. VIII). Galle eben ausgewachsen, mit 4 Hörnern, Membran zart, farblos, Wandbeleg sehr dick, besonders in den Hörnern; im Tragfaden in der Nähe der Galle der Wandbeleg ebenfalls dick, dünner als in der Galle, aber dicker als in den entfernteren Fadentheilen. An der Basis der Galle die gesprengte äussere Membranschicht in Form einer anliegenden Scheide sehr deutlich (in der Zeichnung wegen der schwachen Vergrösserung nicht sichtbar). Der Parasit nur undeutlich erkennbar, lebhaft beweglich, ohne Eier.

29. October. Der Parasit hat sechs Eier abgelegt, sonst keine wesentliche Veränderung.

30. October. Die Gallenmembran etwas verdickt und gebräunt, mit Ausnahme der Calotten, welche noch dünn sind. Der Wandbeleg schon weniger dick, die Chlorophyllkörner wahrscheinlich nur noch einschichtig, aber sehr dicht gelagert; in dem der Galle benachbarten Stück des Fadens ist der Wandbeleg dünner geworden, er ist nur noch ebenso dick wie in den entfernteren Theilen. Der Parasit hat 25—30 Eier gelegt.

31. October. Die Calotten fertig gebildet, ebenso dick wie die übrige Gallenmembran; der Wandbeleg scheint von ihnen abgehoben, wahrscheinlich in Folge Vacuolisirung der Hyaloplasmaschicht. Die Chlorophyllschicht in der ganzen Galle schon ziemlich locker geworden. Wenigstens 50 abgelegte Eier, die zuerst gelegten (weiter von dem Mutterthier gelegenen) sind schon als Sommereier erkennbar und enthalten ein rothes Auge; das lebhaft bewegliche Mutterthier enthält noch zahlreiche ungelegte Eier.

1. November (Fig. 9*d*, 10*b*, Taf. VIII). Ein ziemlich kurzes Tragfadenstück durch Querwände abgegrenzt und beiderseits durch abgestorbene Fadenstücke von den gesund bleibenden Enden des Fadens getrennt. Der Wandbeleg in der ganzen Galle und dem Tragfadenstück sehr dünn, mit vereinzelten Chlorophyllkörnern. Die Zahl der Eier nicht mehr bestimmbar, mehrere derselben mit fertigen, beweglichen Embryonen; das Mutterthier enthält immer noch ungelegte Eier. Im Saftraum der Galle befinden sich mehrere braune Kugeln. Die ganze Galle mit einer dünnen, aus Kokken und Stäbchen bestehenden Bakterienschicht bekleidet, die von der eigentlichen

Gallenmembran durch einen feinen, auf den Hörnern dickeren, hellen Zwischenraum — die Schleimschicht — getrennt ist (diese nebst den anhaftenden Bakterien war gewiss schon früher vorhanden, wurde aber erst jetzt beachtet).

2. November. Der Wandbeleg der Galle und des Tragfadenstückes abgestorben und zerfallen. Die Calotten der zwei deutlich sichtbaren Hörner aufgelöst. Der die Galle bekleidende Bakterienbeleg deutlich dicker geworden. Die ersten jungen Thiere aus den Eiern geschlüpft, aber noch keines aus der Galle ausgekrochen. Das Mutterthier lebendig, beweglich, noch mit mehreren unentwickelten Eiern im Leibe (die aber nicht mehr abgelegt werden).

Der weitere Verlauf der Kultur, welche noch weitere sechs Tage lang bis zum Ausschlüpfen sämmtlicher Jungen aus den Eiern verfolgt wurde, gehört nicht mehr an diesen Ort.

Es muss bemerkt werden, dass in dem gegebenen Falle die Ablage der Eier und dementsprechend der Verbrauch des Galleninhalts seitens des Parasiten sehr schnell vor sich ging. Gewöhnlich geschieht die Entwickelung etwas langsamer, so dass von dem Auswachsen der Galle bis zu deren Absterben ca. eine Woche oder noch etwas mehr Zeit vergeht.

Die Auflösung der Calotten.

Wie in dem eben beschriebenen Fall, so erfolgt auch sonst bei den Sommereier enthaltenden Gallen die Auflösung der Calotten in der Regel unmittelbar nach oder vielleicht gleichzeitig mit dem Absterben des Wandbeleges und ungefähr gleichzeitig mit dem Ausschlüpfen der ersten jungen Thiere aus den Eiern. Die Auflösung muss bei normalem Verlauf des Processes ziemlich schnell erfolgen, denn man findet die Hörner entweder gänzlich geschlossen oder gänzlich offen, Zwischenstadien aber selten. Nach den wenigen Beobachtungen, die ich hierüber zu machen Gelegenheit hatte, verläuft der Process so, dass die Contouren der Calotte allmählich sehr weich werden und die ganze Masse der Calotte unter leichter Quellung verblasst und schliesslich unsichtbar wird. Das entstehende Loch bleibt aber jedenfalls zunächst noch durch eine aus der Calotte entstehende gallertartige Substanz verschlossen.

Denn erstens bleibt die Bakterienschicht, welche die Hörner in diesem Stadium stets in ziemlicher Mächtigkeit bedeckt, zunächst nach innen scharf begrenzt; zweitens treffen die jungen Thiere, welche durch die Löcher aus der Galle hinauskriechen wollen, hier offenbar auf einen nicht ganz unbedeutenden Widerstand, wie er etwa durch einen ziemlich zähen Schleim geleistet werden könnte. Mehrfach konnte ich beobachten, wie ein junges Thier sich mit dem Kopf in das scheinbar offene Loch im Hornende hineindrängte, wobei die Wimpern bis in die Bakterienschicht hineinragten, wie es aber trotz seiner unverkennbaren Anstrengungen doch nicht hinausgelangen konnte und unverrichteter Dinge umkehrte. Endlich muss jedenfalls der das Loch verschliessende Schleim von einem der jungen Thiere durchbrochen werden, worauf der Weg für die folgenden offen steht; leider ist es mir nie gelungen, den Act des Auskriechens vollständig zu verfolgen.

Langsamer verläuft die Auflösung der Calotten bei den nur Wintereier enthaltenden Gallen. Hier sieht man die Calotte im Laufe mehrerer Tage successive blasser und undeutlicher werden, bis ihre Substanz nicht mehr unterscheidbar ist. Die bedeckende Bakterienschicht bleibt alsdann auch hier nach innen noch scharf contourirt; allmählich wölbt sie sich, wie in günstigen Fällen verfolgt werden kann, mehr und mehr in die Oeffnung vor, zuweilen auffallend an das Aussehen von auf Gelatine wachsenden Bakteriencolonien erinnernd, — der scharfe Contour verliert sich langsam, und schliesslich erscheint das Horn ganz offen. Bis dies der Fall ist, können Wochen oder selbst mehr als ein Monat verstreichen; jedenfalls aber öffnen sich die Hörner, bevor die ruhenden Wintereier sich weiter zu entwickeln beginnen, meist sogar schon lange vorher.

Complicirter wird der Vorgang der Auflösung dann, wenn die Calotte nicht homogen ist, sondern an der Aussen- oder Innengrenze eine feine, stärker lichtbrechende und resistentere Lamelle besitzt, was sowohl bei Sommer- wie bei Wintereier führenden Gallen vorkommt. In solchem Falle wird zuerst die gesammte Substanz der Calotte mit Ausnahme der resistenten Grenzlamelle mehr oder weniger schnell gelöst, die letztere hingegen bleibt zunächst unverändert und schwindet erst ganz allmählich, manchmal bleibt sie vielleicht sogar dauernd erhalten.

So sehen wir z. B. in Fig. 18*a*, Taf. IX eine zart geschichtete Calotte mit dem ersten Anzeichen der bevorstehenden Auflösung —, der leichten Unebenheit des inneren Contours; am folgenden Tage (Fig. 18*b*, Taf. IX) waren die inneren Lamellen in der Mitte deutlich aufgelöst und nur an den Rändern noch zu erkennen, eine derbere, äussere Lamelle blieb aber längere Zeit hindurch ganz intact erhalten; bei einer anderen, ebenso beschaffenen Calotte wurde die allein erhaltene, äussere Lamelle bald blasser und löste sich, von der Mitte beginnend, auf. Die Fig. 19, Taf. IX zeigt uns einen Fall, der an einem Dauerpräparate einer vor Kurzem abgestorbenen, Wintereier führenden Galle gefunden wurde; hier sind offenbar umgekehrt die äusseren Lamellen der Calotte aufgelöst worden, während eine innere, derbere Lamelle persistirt. Einmal beobachtete ich endlich an einer Wintereier führenden Galle eine Calotte, die sowohl innen wie aussen von dünnen, derberen Lamellen umgrenzt war; hier verblasste allmählich die innere Masse der Calotte derart, dass sie den Eindruck eines Hohlraumes machte, während die beiden Grenzlamellen persistirten. — Man sieht, dass die innere Beschaffenheit der Calotte selbst von grossem Einfluss auf die Art und Schnelligkeit ihrer Auflösung sein kann. Auf Differenzen der inneren Beschaffenheit dürften wohl die nicht selten beobachteten Fälle zurückzuführen sein, wo die einen Hörner einer Galle sich schneller, die anderen langsamer oder selbst gar nicht öffneten. Einige wenige Mal ist es mir sogar vorgekommen, dass die Hörner einer Galle auf die Dauer geschlossen blieben, so dass die aus den Eiern schlüpfenden jungen Thiere keinen Ausweg aus der Galle hatten; dies muss an einer abnormen Beschaffenheit der Calotten gelegen haben.

Besonders in den Fällen, wo eine langsame Lösung der Calotte resp. ihrer Reste erfolgt, findet eine auffallende locale Vermehrung der Bakterien statt, welche dieselbe in dichter Schicht bedecken; in einigen Tagen wächst die Bakterienschicht über der Calotte zu einer förmlichen Kappe an, deren Dicke relativ sehr bedeutend ist; in einem besonders auffallenden Falle wurde sie zu 23 μ bestimmt, d. i. ca. das Fünffache der Dicke der Gallenmembran. Es sind fast stets kleine Kokken von ungemein dichtem Wuchs, welche diese Kappen bilden. Diese starke

Vermehrung der Bakterien, welche nach dem Absterben des Galleninhalts gerade über den Calotten stattfindet, muss darauf zurückgeführt werden, dass durch die leicht permeable Calotte reichlich Stoffe aus der Galle hinaus diffundiren, welche den Bakterien als Nahrung dienen. — Es ist nun nicht zu bezweifeln, dass im Falle langsamer, Tage und Wochen beanspruchender Auflösung der Calotte die lösende Wirkung eben von den sie bedeckenden Bakterien ausgeübt wird; denn in der Galle, welche neben ruhenden Wintereiern nur die todten Reste des Mutterthieres und des Galleninhalts enthält, ist kein Agens vorhanden, das allmählich lösend wirken könnte; zudem spricht das oben erwähnte Hineinwachsen der Bakterienkappe in das Hornende direct zu Gunsten ihrer lösenden Wirkung auf die dasselbe verschliessende Substanz. Endlich wird die Möglichkeit der Auflösung der Calotte durch Bakterien durch folgende Beobachtung bewiesen, bei der freilich andere Bakterien im Spiel waren. Eine grosse, seit Kurzem ausgewachsene Galle mit zwei mächtigen Hörnern wurde mitten entzwei geschnitten. In der oberen Hälfte, in der sich auch der Parasit befand, blieb der plasmatische Wandbeleg am Leben, er contrahirte sich, seine Wundränder schlossen zusammen, es wurde ringsum eine neue Membran ausgeschieden, und so entstand innerhalb der alten halben Gallenmembran eine neue Zelle, in der der Parasit sich weiter entwickelte und zahlreiche Eier ablegte. In den leeren Raum zwischen der neuen und der alten Membran waren nun feine, bewegliche Stäbchenbakterien eingedrungen, welche sich massenhaft an der Innenseite der Calotte festsetzten; offenbar unter ihrer Einwirkung wurde diese allmählich blasser und blasser und löste sich schliesslich nach ca. einer Woche ganz auf.

Es ist gewiss interessant, dass in die ohnehin complicirten Wechselbeziehungen zwischen der Alge und ihrem thierischen Parasiten noch ganz heterogene dritte Organismen eingreifen, indem sie an einem für die Verbreitung des Thieres nothwendigen Vorgange, nämlich der Schaffung von Ausgängen aus der Galle für dessen Nachkommenschaft, einen wesentlichen Antheil nehmen.

Wenn nun auch die Calotte durch Bakterien gelöst werden kann und thatsächlich häufig nur Dank ihnen gelöst wird, so

III. Allgemeiner Theil:
Wechselbeziehungen zwischen Alge und Parasit; Natur der Gallen.

Wie und wo dringt der Parasit in den *Vaucheria*-Thallus ein?

Die aus den Eiern schlüpfenden Jungen der *Notommata* gelangen unter normalen Umständen aus der Galle hinaus in das umgebende Wasser, wo sie sich herumtummeln, ohne jedoch, soweit sich beobachten lässt, Nahrung aufzunehmen und ohne Anzeichen von Weiterentwickelung zu zeigen. Es ist sehr wahrscheinlich, wie auch schon Balbiani meinte, dass das Thier ausschliesslich auf die parasitische Ernährung im *Vaucheria*-Thallus angewiesen ist. Die jungen Weibchen müssen demnach bald wieder in einen *Vaucheria*-Faden eindringen und eine Galle erzeugen, um sich hier zu ernähren und zu entwickeln. Wie und wo das Eindringen erfolgt, ist eine wichtige Frage, welche schon in der älteren Literatur einige Mal aufgeworfen, aber bisher nicht gelöst worden ist. Hofmeister[1]) glaubte, die Parasiten gelangten in die *Vaucheria* als Eier, welche das Mutterthier nach Durchbohrung der Zellhaut in das Innere der Zelle legt —, eine Meinung, die auf der Unkenntniss der Lebensverhältnisse der *Notommata* beruhte. Balbiani[2]) giebt zwar eine vermeintliche Lösung der Frage, aber dieselbe ist recht unglücklich und zeugt nur von der Gedankenlosigkeit ihres Autors. Er lässt die jungen Thiere durch die perforirten Hornenden wieder in die alten, todten Gallen zurückkehren und von dort aus in lebende, grüne Zweige der *Vaucheria* eindringen; diese Behauptung wird mit einer Bestimmtheit vorgetragen, die den Anschein erweckt, als habe der Autor diesen Modus des Eindringens wirklich beobachtet. Das ist aber ganz unmöglich, da ja das die alte Galle tragende, abgestorbene Fadenstück stets durch Querwände von den lebenden Theilen des Thallus abgegrenzt ist, eine offene Communication zwischen der entleerten Galle und den lebenden Theilen somit gar nicht besteht; das Bestehen einer solchen

---

1) Hofmeister, Die Lehre von der Pflanzenzelle, 1867, p. 77.

2) Balbiani, l. c., p. 35.

Zum Schluss möchte ich nicht unterlassen noch zu betonen, dass, welches auch die Ursachen der Auflösung sein mögen, eine fundamentale Bedingung dieses Vorganges in der eigenthümlichen Beschaffenheit der Calotte selbst liegt, durch welche diese von Anfang an gewissermassen dazu prädestinirt ist, aufgelöst zu werden und eine Ausgangsöffnung für die Brut des Parasiten zu schaffen. Das Wesen dieser eigenartigen Beschaffenheit der Calotte ist in ihrer Zusammensetzung aus besonderen, nur ihr eigenthümlichen Substanzen zu suchen, welche sich aus dem oben besprochenen mikrochemischen Verhalten ergiebt.

Die Membran der alten abgestorbenen Gallen zeichnet sich durch eine grosse Dauerhaftigkeit aus. Während die Membran abgestorbener *Vaucheria*-Fäden ziemlich bald zerfällt, bleibt die Gallenmembran Monate lang erhalten. Dies ist von Bedeutung für die Wintereier, welche ihre Ruheperiode in der alten Galle durchmachen und hier sich schliesslich zu jungen Thieren entwickeln, — denn die derbe Gallenmembran bietet ihnen Schutz vor grösseren Raubthieren (kleinere Organismen, die durch die Löcher in der Gallenmembran hineindringen, können den mit derber Hülle umgebenen Wintereiern nichts anhaben). Die grosse Resistenzfähigkeit der Gallenmembran wird nicht nur durch ihre relativ bedeutende Dicke, sondern wohl in erster Linie durch die ihr eigenthümliche Substanz bedingt, aus welcher die dichten, braunen Lamellen vornehmlich bestehen.

Verschleimung der Calotte in allen Fällen durch Bakterien bewirkt wird. Verschieden ist nur der Modus der endgiltigen Oeffnung der Hörner. Bei den Wintereier führenden Gallen wird der die Hörnerenden noch verschliessende Schleim von den nämlichen Bakterien unter fortgesetzter, jetzt besonders auffallender Vermehrung dieser langsam verflüssigt. Bei den Sommereier führenden Gallen kommt es hingegen nicht dazu, da der Schleim von den aus den Eiern geschlüpften Jungen bald mechanisch durchbrochen und so das Horn völlig geöffnet wird; daher coincidirt hier die völlige Oeffnung der Hörner ungefähr mit dem Ausschlüpfen der ersten jungen Thiere. Ich habe früher zwischen der Verschleimung der Calotte und ihrer völligen Lösung resp. Durchbrechung nicht scharf genug unterschieden.

tion desselben bei unserer Species in Anpassung an die parasitische Lebensweise keine Rede sein kann. Unsere Figur stellt den Kauapparat in der Ruhelage dar. Die Theile desselben können aber auch bewegt werden, und zwar werden zweierlei Bewegungen ausgeführt: Eine Streckung, wobei die Kiefer *uu* weit vorgestreckt werden, so dass sie einander fast parallel werden, und gleichzeitig die sogenannten Manubrien *mm* sich einander nähern; und eine Zurückziehung, wobei die Kiefer nach einwärts bewegt werden, so dass sie einen nach vorn offenen, stumpfen Winkel miteinander bilden. Offenbar vermögen die Kiefer in der ausgestreckten Lage einen festen Gegenstand zu ergreifen und ihn während der Zurückziehung zu durchbeissen.

Bei Betrachtung in der Aufsicht scheint nun aber freilich der Kauapparat tief im Innern des Körpers zu liegen, und die Verwendung desselben zum Durchbeissen von Gegenständen, die nicht in den Körper aufgenommen werden können, scheint ganz ausgeschlossen. Bekommt man indessen ein Individuum in genauer Profilstellung zu sehen, so wird man eines anderen belehrt. Man sieht (Fig. 30, Taf. IX), dass der Schlund *s* an der Bauchseite des Kopfes in ziemlicher Entfernung von dem Vorderende liegt, wie das auch schon Balbiani angegeben hat, und dass die Spitze des Kauapparates sich unmittelbar über ihm befindet. In unserer Fig. 30 ist der Kauapparat in der der Fig. 29 entsprechenden Ruhelage dargestellt; man sieht aber, dass bei der Streckung des Kauapparates die Spitzen der Kiefer *u* leicht aus dem Schlunde hervorgestreckt werden können, und ich habe in der That einmal deutlich gesehen, dass in der Streckungslage die Kiefer ziemlich weit über die Körperoberfläche hervorragten. Damit ist die Möglichkeit zur Durchbeissung einer ausserhalb des Thieres befindlichen Membran im Princip gegeben. Es verdient erwähnt zu werden, dass auch die in *Volvox* parasitirende *Notommata parasita*, welche sich ebenfalls selber den Weg in den Körper des Wirthes beissen muss, ziemlich weit aus dem Körper hervorragende Kiefer hat. Während aber die letztgenannte Species ihren Kauapparat auch zur Aufnahme ihrer Nahrung benöthigt, als welche ihr die *Volvox*-Zellen dienen, dürfte bei *Notommata Wernecki* der Kauapparat einzig und allein zum Eindringen in die Wirthspflanze benutzt werden.

Schwerlich vermag jedoch unser Thier mit seinem immerhin recht kleinen Kauapparat die Membran des *Vaucheria*-Thallus an beliebigen Stellen zu durchbeissen; an ausgewachsenen Fadentheilen ist die Membran erstens hierfür wohl zu derb, und zweitens ist sie auch zu wenig gewölbt, als dass sie von den Kiefern gefasst werden könnte. Es muss vielmehr angenommen werden, dass das Eindringen nur an bestimmten Stellen des Thallus stattfindet, welche dasselbe besonders erleichtern, und solche scheinen mir in den Vegetationspunkten gegeben zu sein. Diese sind an lebhaft wachsenden Fäden stark konisch verjüngt, so dass ihre Spitze von den Kiefern sehr wohl gefasst werden kann, und die Membran ist hier sehr zart und gewiss auch sehr weich und kann somit sehr leicht durchbissen werden. Ist einmal ein Loch in den Scheitel des Vegetationskegels gebissen, so steht dem Eindringen des jungen Thieres, dessen grösste Dicke (ca. 40 μ) geringer ist als der Durchmesser selbst dünnerer Zweige der *Vaucheria*, nichts mehr im Wege.

Zu der Annahme, dass die Spitzen wachsender Zweige die Eingangspforten für den Parasiten bilden, wurde ich zuerst nicht durch die oben mitgetheilte Ueberlegung, sondern durch die folgende Beobachtung geführt, welche mir meine Annahme fast zur Gewissheit zu machen scheint. In einem im Herbst sich lebhaft entwickelnden *Vaucheria*-Rasen, an dem seit Kurzem die Bildung zahlreicher Gallen begonnen hatte, fiel es mir auf, dass nur die von Gallen freien Fäden an der Spitze einen Vegetationskegel trugen; alle diejenigen Fäden hingegen, an denen sich eine Galle befand, endigten stumpf, und das Ende war mit einer formlosen braunen Masse erfüllt, die oft knopfförmig aus dem Fadenende hervorragte (*e* in Fig. 11, Taf. VIII, Fig. 22, 24, Taf. IX). Diese stumpfen Enden sind nun nichts anderes als vernarbte Wundflächen, und die braune Masse ist der abgestorbene und veränderte Rest des aus der Wunde hervorgequollenen Protoplasmas; genau in derselben Weise vernarben Wunden, die man absichtlich durch Zerschneiden eines *Vaucheria*-Fadens erzeugt. Bei näherer Untersuchung findet man stets und bei jeder Galle in grösserer oder geringerer Entfernung die zugehörige vernarbte Wunde, durch welche der Parasit eingedrungen sein muss; sie befindet sich meist an der Spitze des nämlichen Zweiges,

welcher die Galle trägt, während an einem benachbarten Seitenzweige, manchmal endlich an der Galle selbst (im letzteren Falle ist offenbar der durchbrochene kurze Zweig selber zur Galle geworden); immer aber ist die Wunde quer zur Achse des Zweiges gerichtet, und befindet sie sich in dessen Seitenwand. Der Parasit bohrt also nicht ein Loch in die Seitenwand, sondern beisst den Faden (quer durch); dies ist aber in Anbetracht der Dimensionen des Thieres und seines Kauapparates eben nur an der verjüngten Spitze des Vegetationskegels möglich.

Die auf diese Weise gewonnene Vorstellung über Ort und Art des Eindringens der Parasiten habe ich leider weder durch directe Beobachtung des Eindringens, noch experimentell verificiren können. Ich habe wiederholt zu meinen Objectträgerkulturen, in denen sich frisch aus der Galle geschlüpfte junge Thiere befanden, Stücke von *Vaucheria*-Fäden zugesetzt, und andererseits mehrfach Gallen mit in Entwickelung begriffenen Sommereiern und gesunde, speciell zu diesem Zwecke kultivirte Fäden in Schälchen mit Wasser zusammengebracht, in der Hoffnung Infection zu erzielen; einige Mal wurden die Fäden in dem Tropfen resp. dem Schälchen zerschnitten, um eventuell durch Schaffung frischer offener Wunden das Eindringen der Parasiten zu erleichtern resp. zu ermöglichen. In keinem Falle fand eine Infection statt, und in den Tropfenkulturen konnte constatirt werden, dass die jungen Thiere weder zu den intacten wachsenden Fäden, noch zu den Wundflächen und dem aus ihnen austretenden Zellinhalt die geringste Anziehung erkennen lassen. Diese Misserfolge dürfen indess nicht Wunder nehmen. Abgeschnittene Stücke von *Vaucheria*-Fäden können zwar, in kleiner Flüssigkeitsmenge kultivirt, nach Heilung der Wunde wachsen



lich, dass auch durch irgendwie zu Stande kommende Wunden des Fadens eine Infection stattfinden kann; der negative Ausfall meiner hierauf gerichteten Versuche könnte aber darin seinen Grund haben, dass im offenen Tropfen die jungen Thiere sich zweifellos in ungünstigen Lebensbedingungen befinden, in Folge dessen sie regelmässig bald absterben. Nachdem ich die Existenz von Männchen bei *Notommata Wernecki* nachgewiesen habe, ist endlich die Möglichkeit in Betracht zu ziehen, dass die Weibchen erst durch die erfolgte Befruchtung zum Eindringen in die *Vaucheria* angeregt werden. Mit einem Wort, die Infection kann durch eine Reihe a priori nicht zu bestimmender Umstände bedingt sein, deren Herstellung bei Kultur im Kleinen vielleicht gar nicht in der Gewalt des Beobachters liegt. Bei Kultur im Grossen habe ich durch Zusatz einiger Gallen mit Sommereiern Infection erzielt, doch lässt sich auf diese Weise nichts näheres über Modus und Bedingungen derselben feststellen.

Die morphologische Natur der Gallen.

Im Zusammenhang mit der oben entwickelten Anschauung über die Art und Weise des Eindringens der Parasiten habe ich mir auch eine bestimmte Anschauung über die Herkunft der Gallen gebildet. Wird der Vegetationskegel eines *Vaucheria*-Fadens abgeschnitten oder irgendwie verletzt (etwa von einem grösseren Thiere abgebissen), so pflegt bald, wie man sich leicht überzeugen kann und wie übrigens wohl allgemein bekannt ist, ein Seitenzweig zu entstehen, welcher das Wachsthum des beschädigten Fadens fortsetzt; der Seitenzweig kann entweder dicht unter der vernarbten Wundfläche, oder in kleinerer oder grösserer Entfernung von derselben hervorsprossen; in ersterem Fall nähert sich seine Wachsthumsrichtung mehr oder weniger derjenigen des Hauptfadens, in letzterem Fall steht sie meist ungefähr senkrecht zu ihr. Ist hingegen der Vegetationskegel von einer eindringenden *Notommata* verletzt worden, so bildet sich anstatt eines gewöhnlichen Seitenzweiges eine Galle, welche dieselben Orte am Faden einnimmt und dieselbe Neigung zu dessen Achse hat, wie sonst der Seitenzweig. Es liegt hiernach sozusagen auf der Hand, dass die Gallen nichts anderes sind, als

metamorphosirte vegetative Seitenzweige. Es ist anzunehmen, dass der eingedrungene Parasit in dem Faden herumwandert (dass in cylindrischem *Vaucheria*-Faden befindliche junge Individuen sich im Saftraum frei bewegen und beträchtliche Strecken zurücklegen können, habe ich direct beobachtet), bis er auf einen in Bildung begriffenen Seitenzweig trifft; in diesen dringt er ein und beeinflusst durch seine Anwesenheit dessen Wachsthum derart, dass der Seitenzweig sich zu einer Galle entwickelt. Meist ist die stattfindende Metamorphose so weitgehend, dass die Galle einem vegetativen Zweige sehr unähnlich wird, und man eher geneigt sein möchte, sie für ein Gebilde sui generis zu halten; doch kommen auch weniger eigenartig ausgebildete Gallen vor, so die in Fig. 22 und 23, Taf. IX dargestellten, deren Zweignatur wohl keinen Zweifel erwecken dürfte; diese bilden das vermittelnde Glied zwischen gewöhnlichen Seitenzweigen und typisch ausgebildeten Gallen.

Eine andere morphologische Deutung der Gallen ist von Balbiani[1]) gegeben worden (für *Vaucheria terrestris*). Er lässt die Parasiten in alte Fruchtzweige, von denen die reife Oospore bereits abgefallen ist, eindringen und eine Hypertrophie derselben veranlassen, welche zur Bildung von Gallen führt; diese sollen demnach metamorphosirte Fruchtzweige sein[2]).

Dass für die Gallen der *Vaucheria Walzi* die Deutung Balbiani's nicht zutrifft, kann nicht zweifelhaft sein. Denn erstens sah ich Gallen entstehen an Fäden und sogar in ganzen Kulturen, welche noch gar keine Sexualorgane getragen hatten; finden sich

---

1) l. c., p. 29, 38.

2) Auf Grund dieser seiner Meinung statuirt Balbiani auch eine Differenz zwischen den *Notommata*-Gallen der *Vaucheria* und den „eigentlichen" Gallen der höheren Pflanzen; die ersteren seien nichts weiter als präexistirende Organe der Alge, welche unter dem Einfluss des Parasiten nur eine Volumenzunahme erfahren haben. Dies kann aber keinenfalls eine Differenz gegenüber den Gallen der höheren Pflanzen bilden, da auch diese letzteren zum grossen Theil keine Gebilde sui generis, sondern Umbildungen normal vorhandener Organe sind. Dass übrigens die Metamorphose, welche zur Bildung der Gallen bei *Vaucheria* führt, sich nicht auf einfache Volumenzunahme beschränkt, wie Balbiani zu meinen scheint, sondern eine sehr tiefgreifende ist, das haben wir bereits gesehen, und es wird das aus der Zusammenstellung der Besonderheiten der Gallen im letzten Abschnitt dieser Arbeit noch schlagender hervorgehen.

aber Gallen und Fruchtzweige zufällig gleichzeitig an denselben Fäden, so zeigen beide meist gar keine Beziehungen zu einander. Es kommt allerdings manchmal vor, dass an der Basis einer Galle Zweiglein mit reifen Oosporen und einem Antheridium ansitzen (Fig. 26, Taf. IX), und in solchen Fällen muss freilich die Galle aus einem alten Fruchtzweige entstanden sein; das sind aber ganz seltene Fälle, die mir unter vielen Hunderten beobachteter Gallen nur einige wenige Mal vorgekommen sind. Solche Fälle sind übrigens mit meiner Deutung der Gallen keineswegs in Widerspruch; denn es kommt bei *Vaucheria* zuweilen vor, dass alte Fruchtzweige wieder ins Wachsen gerathen und zu vegetativen Zweigen auswachsen; diese können natürlich, wenn ein Parasit in sie eindringt, zu Gallen umgebildet werden, wobei es völlig belanglos ist, dass sie aus alten Fruchtzweigen sich herleiten.

Dass es bei *Vaucheria terrestris* sich ebenso verhält wie bei *V. Walzi*, kann ich in Ermangelung eigener Erfahrungen natürlich nicht bestimmt behaupten, halte es aber doch für sehr wahrscheinlich, denn ich finde bei Balbiani keine Anhaltspunkte für den nothwendigen Zusammenhang der Gallen mit den Fruchtzweigen. Er zeichnet (Fig. 15) einen alten Fruchtzweig, in dem eine junge *Notommata* sitzt, und (Fig. 17) eine erwachsene Galle mit einem leeren Antheridium an seiner Basis; dass er seine Ansicht noch auf anderweitige Beobachtungen stützt, ist aus dem Text nicht zu entnehmen, dagegen tragen aber die zwei weiteren auf der Tafel dargestellten Gallen (Fig. 16, 18) keine Anzeichen der Entstehung aus Fruchtzweigen. Die Umbildung von Fruchtzweigen zu Gallen dürfte also wohl bei *Vaucheria terrestris* eine ebenso zufällige Erscheinung bilden wie bei unserer Species.

Es erübrigt die Frage zu besprechen, ob nicht der Parasit auch an solchen Stellen des *Vaucheria*-Thallus Wachsthum und eventuell Gallenbildung anzuregen vermag, wo spontan kein Wachsthum stattgefunden hätte. Auf diese Vermuthung führte mich die Thatsache, dass man an gallentragenden Zweigen häufig ungefähr halbkugelige, mit breiter Basis dem Faden aufsitzende Ausstülpungen antrifft (Fig. 11, Taf. VIII), welche in Ein- oder Mehrzahl meist in der Nähe der Gallen sich befinden; sie sehen nach jungen Gallenanlagen aus, enthalten jedoch keine Parasiten

und sind zu keiner weiteren Entwickelung fähig. Da diese Gebilde an nicht inficirten Fäden durchaus fehlen, so müssen auch sie das Werk des Parasiten sein. Ich möchte glauben, dass der Parasit, bevor er noch seinen definitiven Wohnsitz gefunden, an den betreffenden Stellen den Wandbeleg gefressen und dadurch locales Wachsthum der Membran angeregt hat. Dass nämlich der Parasit in der That locales Wachsthum anzuregen vermag, davon habe ich mich in einigen Fällen überzeugt. So sah ich einmal das in einer noch jungen Galle befindliche Thier sich an der der Galle gegenüberliegenden Wand des Fadens festsetzen und hier den Wandbeleg fressen; an dieser Stelle bildete sich unter der Membran eine Hyaloplasmaschicht aus, und am folgenden Tage war bereits ein breiter, stumpf sackförmiger Auswuchs von 0,17 mm Länge entstanden; unter seinem breitgerundeten Scheitel befand sich eine dicke Hyaloplasmaschicht, die Membran war äusserst zart, und auf ihr waren Fetzen der alten, gesprengten Membran zu sehen; am folgenden Tage war der Auswuchs, in dem sich das Thier fortgesetzt aufhielt, noch um weitere 0,02 mm gewachsen —, damit war aber seine Entwickelung abgeschlossen. Ebenso wurde noch einige weitere Male locales Wachsthum am Aufenthaltsort des Parasiten beobachtet, das aber immer nur kurze Zeit andauerte und höchstens zur Bildung sackförmiger Prominenzen führte. Es scheint also, dass der Parasit an solchen Stellen des Thallus, die keine spontane Wachsthumstendenz haben, zwar unter Umständen ein begrenztes Wachsthum anzuregen, nicht aber die Bildung typischer Gallen hervorzurufen vermag. Diejenigen Fälle, in denen die Entwickelung des Parasiten nicht in einer eigentlichen Galle, sondern nur in einer Anschwellung des Fadens ohne Hörner (Fig. 25, Taf. IX) erfolgt, dürften sich vielleicht eben dadurch erklären, dass der betreffende Faden aus irgend welchem Grunde nicht zu spontanem Wachsthum befähigt war und daher keine neuen Seitenzweige bildete, die zu Gallen hätten werden können.

Einfluss der Parasiten auf die Ausbildung der Galle.

Wir sahen soeben, dass allem Anschein nach nur bei spontaner Wachsthumstendenz die Entstehung einer normalen Galle

möglich ist. Andererseits erfolgt aber, wie aus den jetzt mitzutheilenden Beobachtungen hervorgeht, die normale Ausbildung einer bereits angelegten Galle nur unter fortwährender Beeinflussung seitens des Parasiten.

Man findet manchmal junge oder ausgewachsene Gallen, in denen der Parasit aus unbekannten Gründen abgestorben ist. Solche Gallen sind einer weiteren Entwickelung unfähig; ihr Wandbeleg ist nicht dicker und nicht chlorophyllreicher als im übrigen Thallus, die Verdickung und Bräunung der Membran unterbleibt, die Galle wächst nicht und bildet keine Hörner; nur falls die Hörner schon definitiv ausgebildet sind, mit differenzirter Calotte, wird die letztere schliesslich in der schon beschriebenen Weise durch die Einwirkung der Bacterien aufgelöst.

Noch instructiver sind die mehrfach beobachteten Fälle, wo aus einer in Kultur genommenen Galle der in ihr befindliche Parasit in den Faden auswandert und so die Galle leer bleibt. Die Galle bleibt alsdann auf dem Entwickelungsstadium stehen, auf dem sie von dem Parasiten verlassen worden ist, und erfährt sogar eine gewisse Rückbildung. In kurzer Zeit verliert sie ihre dunkle Farbe und wird hellgrün, indem der in ihr enthaltene Ueberschuss an Chlorophyllkörner führendem Protoplasma in den Faden zurückkehrt und sich hier gleichmässig vertheilt. Das Wachsthum, wofern es noch stattfand, wird sofort sistirt, die vorher in Wachsthum begriffenen Membranpartien nehmen das Aussehen der ausgewachsenen Membran an und die Hyaloplasmaschicht unter ihnen verliert sich. Einmal sah ich an einer eben ausgewachsenen dreihörnigen Galle kurze Zeit nach dem Auswandern des Parasiten das eine Horn ins Wachsen gerathen und zu einem vegetativen, cylindrischen Faden auswachsen, der im Laufe eines Tages eine Länge von 2 *mm* erreichte; dies ist das deutlichste Zeichen vollständiger vegetativer Rückbildung der Galle in Abwesenheit des Parasiten.

Der in den Faden gegangene Parasit kann aber auch, falls er nicht daselbst seinen Tod findet (s. weiter unten), früher oder später wieder in die verlassene Galle zurückkehren. Alsdann kann in der bis dahin (in einem Falle 5 Tage lang) völlig stationär gebliebenen Galle ein neues Wachsthum beginnen, welches jedoch den im vorigen Abschnitt beschriebenen abnormen Charakter hat;

es bilden sich an einer oder mehreren, manchmal ganz ungewöhnlichen Stellen der Galle stumpfe Aussackungen von meist nur unbedeutender Grösse, welche bald wieder zu wachsen aufhören, und zur Bildung von Hörnern und von Auswegen für die Brut des Parasiten kommt es nicht. Ausserdem beginnt das Zuströmen des Protoplasmas aus dem Faden in die Galle von Neuem, so dass der Wandbeleg in der letzteren wieder dicker wird, ohne jedoch die frühere Mächtigkeit wieder zu erreichen. Diesen Zustrom von Protoplasma bewirkt der Parasit übrigens nicht nur dann, wenn er sich in einer Galle befindet; auch wenn er sich im Faden aufhält, sieht man den Wandbeleg in seiner Umgebung dicker und chlorophyllreicher werden als anderswo.

Wir sehen, dass zur Ausbildung einer normalen Galle das beständige Zusammenwirken zweier Factoren erforderlich ist: des spontanen Entwickelungstriebes der betreffenden Stelle des *Vaucheria*-Thallus, und der Beeinflussung dieses Entwickelungstriebes durch die Lebensthätigkeit des Parasiten, welche jedoch nur local ihre Wirkung auszuüben vermag. Durch die letztere wird das Wachsthum des gallenbildenden Zweiges nicht nur in bestimmte Bahnen gelenkt, sondern auch regulirt und erhalten; ohne die fortdauernde Beeinflussung seitens des Thieres hört das Wachsthum auf (resp. schlägt in die der Alge normal eigenthümliche Bahn zurück), und hat es einmal aufgehört, so vermag der erneute Einfluss des Parasiten es nicht wieder in der früheren Weise wachzurufen. Die anderen vom Parasiten bewirkten Modificationen des Entwickelungstriebes lasse ich hier bei Seite.

Es fragt sich, welcher Art die vom Parasiten ausgeübte locale Reizwirkung ist, durch welche derselbe den Entwickelungstrieb der *Vaucheria* beinflusst und ändert? Zwei Möglichkeiten sind hier in Betracht zu ziehen: Erstens die Ausscheidung einer besonderen Substanz seitens des Thieres, welche auf das Protoplasma der Alge reizend wirkt und dessen form- und stoffbildende Eigenschaften modificirt; eine solche Substanz könnte etwa von den Speicheldrüsen secernirt werden, welche bei unserem Parasiten nach dem Zeugniss Balbiani's relativ viel stärker entwickelt sind als die homologen Organe bei anderen, nicht parasitischen Rotatorien. Zweitens die groben mechanischen Störungen und Verletzungen, welche der Parasit durch

das Fressen des Wandbeleges und durch das Spiel seiner Wimpern in dem Protoplasma hervorruft, und welche ebenfalls als mächtige Reizursache auf dasselbe wirken könnten. Balbiani[1]), welcher auch schon flüchtig diese beiden Möglichkeiten erörtert (wobei er aber bezüglich der zweiten von ihnen nur einen einfachen „Contact" des Parasiten mit dem Protoplasma im Auge hat), spricht sich zu Gunsten der ersten aus, auf Grund der Analogie mit gewissen Gallen höherer Pflanzen, die ihre Entstehung nachgewiesenermaassen der Reizwirkung einer von den Speicheldrüsen des gallenbildenden Thieres secernirten Flüssigkeit verdanken. Diese Analogie mit der Entstehungsursache der Gallen bei höheren Pflanzen ist gewiss sehr bestechend. Andererseits muss ich aber darauf aufmerksam machen, dass die Secretion einer reizend wirkenden Substanz durch die Speicheldrüsen der *Notommata*, ja selbst die Deutung der betreffenden Organe als Speicheldrüsen, rein hypothetisch ist, während hingegen das Stattfinden einer gewaltigen mechanischen Reizung des Protoplasmas zweifellos feststeht. Es sei mir gestattet hier noch eine interessante Beobachtung hierüber einzuschalten. Eine unter dem directen Einfluss des Parasiten entstandene und wachsende Vorwölbung der Fadenmembran war mit einer dicken Hyaloplasmaschicht und darunter mit einer noch mächtigeren, chlorophyllführenden Plasmaschicht ausgekleidet; in die letztere hatte das Thier seinen Kopf hineingesteckt, und dessen Wimpern sah ich deutlich in die Hyaloplasmaschicht bis fast an die Membran hineinragen und sich hier bewegen. Wenn somit der Parasit den protoplasmatischen Wandbeleg in dieser Weise in seiner ganzen Dicke aufwühlt, so dürfen uns wohl auch die weitestgehenden Veränderungen der Eigenschaften des Protoplasmas als Folgen einer so tiefgreifenden Störung desselben kaum Wunder nehmen.

Hiernach kann der mechanischen Reizung des Protoplasmas seitens des Parasiten ein wesentlicher Einfluss auf die locale Aenderung des Entwickelungstriebes schwerlich abgesprochen werden; bezüglich der chemischen Reizung durch einen secernirten Stoff lässt sich hingegen nur soviel sagen, dass dieselbe gewiss auch einen Einfluss haben dürfte, wofern wirklich Secretion eines reizenden Stoffes stattfindet.

1) l. c., p. 31—32.

Die Bedeutung der Gallenbildung für den Parasiten und für die Alge.

Es wurde erwähnt, das der Parasit manchmal aus der Galle in den Faden übergeht, um nicht mehr in erstere zurückzukehren; solche Fälle liefern uns Anhaltspunkte zur Beurtheilung der Bedeutung, welche die Galle für das Leben und die Entwickelung des Parasiten hat. In den meisten derartigen Fällen hat der durch die Anwesenheit des Parasiten hervorgerufene Zustrom von Protoplasma eine derartige Ansammlung des letzteren in seiner Nähe zur Folge, dass das Thier allseitig von Protoplasma umhüllt, gewissermassen eingekapselt wird; es vermag sich alsdann nicht mehr zu bewegen, stirbt alsbald ab und wird mitsammt dem umhüllenden Plasma, welches ebenfalls abstirbt, durch Querwände von den gesund bleibenden Fadentheilen abgegrenzt. So entledigt sich die Alge des Eindringlings in derselben Weise, wie sie es mit anderen voluminösen und hierdurch störenden, wenn auch leblosen Fremdkörpern thut, z. B. mit zufällig in den Faden gelangten, abgestorbenen Eiern des Parasiten.

Häufig findet nun zwar eine solche Einkapselung des Parasiten nicht statt und derselbe bleibt in dem Faden am Leben, er kann sich dann aber hier nicht normal entwickeln. Besonders instructiv ist der folgende Fall. Es wurde ein ziemlich kurzes Fadenstück in Kultur genommen, mit einer Galle, die noch vor dem völligen Auswachsen ihre Entwickelung eingestellt hatte; dieselbe enthielt ein aus unbekannten Gründen abgestorbenes Mutterthier und zwei ebenfalls todte Eier, während im Faden, unweit der Galle, sich zwei frisch ausgeschlüpfte weibliche Junge nebst den zugehörigen leeren Eihüllen befanden; offenbar waren von den vier vor dem Absterben des Mutterthieres gelegten Eiern zwei irgendwie in den Faden gelangt und hatten sich hier entwickelt, während die anderen abstarben. Das Schicksal der beiden jungen Thiere war nun verschieden. Das eine derselben fand nach zweitägigem Umherirren den Weg in die alte, herrenlose Galle, ernährte und entwickelte sich hier in normaler Weise, producirte zahlreiche Eier und starb schliesslich zur rechten Zeit ab. Das andere junge Thier entfernte sich weit von der Galle

und verblieb definitiv im Faden, ohne die Bildung einer Galle oder einer Anschwellung des Fadens zu veranlassen. Es ernährte sich ebenfalls von der es umgebenden reichlichen Plasmaansammlung, begann in der gewöhnlichen Weise anzuschwellen und füllte bald den Querschnitt des Saftraumes ganz aus. Es blieb weiterhin zwar am Leben, bis nach insgesammt 19 Tagen die Beobachtung aufgegeben wurde —, es überlebte sein Schwesterthier also um ein Bedeutendes; aber es entwickelte sich gar nicht mehr weiter und brachte keine Eier zur Entwickelung. Ebenso verhielten sich die in den Faden gelangten Thiere noch in mehreren weiteren Fällen, in denen sie jedoch nicht so lange Zeit hindurch beobachtet wurden.

Wir ersehen hieraus, dass in der That nur der Aufenthalt in einer Galle dem Thier die Bedingungen zu normaler Entwickelung und Reproduction bietet. Zunächst spielen hier die Raumverhältnisse eine Rolle: In dem engen Faden wird mechanisch, durch den Druck der Seitenwände, das Wachsthum des Thieres gehemmt und die Entwickelung der Eier verhindert, während der Saftraum der Galle für beides genügenden Raum bietet; in dem Faden ist das Thier ferner in seinen Bewegungen und dadurch in der Nahrungsaufnahme sehr behindert, während es im Saftraum der Galle auch im Zustande grösster Anschwellung sich frei bewegen und die vorhandene Nahrung mit Leichtigkeit erreichen kann. Abgesehen hiervon ist aber in der Galle auf relativ kleinem und leicht zugänglichem Raum, in Form des dicken Wandbeleges, eine sehr bedeutende Nahrungsmenge aufgehäuft, wie sie der cylindrische Faden nur auf langer Strecke bieten könnte. Von seiner Eigenschaft, einen starken Zustrom von Protoplasma nach seinem Aufenthaltsorte zu veranlassen, zieht der Parasit nur dann einen sehr wesentlichen Nutzen, wenn er sich in einer Galle einlogirt hat; befindet er sich dagegen im Faden, so bleibt diese Eigenschaft für ihn fast nutzlos und wird ihm oft sogar verderblich.

Dies sind die Vortheile, welche der Aufenthalt in einer Galle für die Ernährung und Entwickelung des Mutterthieres hat. Womöglich noch wesentlicher aber ist der Umstand, dass in den typischen Gallen durch die Ausbildung der eigenthümlich beschaffenen Calotten präformirte Austrittsstellen für dessen Brut

geschaffen werden, was eine nothwendige Bedingung für die Verbreitung des Parasiten und für die Erhaltung der Species bildet. Weniger wesentlich, aber doch wohl nicht zu vernachlässigen, ist der schon oben erwähnte Schutz, welcher durch die dicke, resistente Gallenmembran den Eiern des Parasiten während ihrer Ruhe und Entwickelungsperiode gewährt wird.

Mit einem Wort, nur durch die Ausbildung der Gallen wird der Parasitismus der *Notommata Wernecki* im *Vaucheria*-Thallus überhaupt ermöglicht.

Was nun die Folgen des Eindringens des Parasiten und der Gallenbildung für die *Vaucheria* anbetrifft, so bestehen dieselben einfach in einer Schädigung derselben; irgend eine Gegenleistung von Seiten des Parasiten, irgend ein Nutzen von der Gallenbildung ist nicht ersichtlich. Die Schädigung besteht in dem Hergeben eines Theiles der lebendigen Substanz der Alge mit Einschluss ihrer Assimilationsapparate und auch der Assimilationsproducte, — eines Theiles, welcher relativ sehr bedeutend ist, denn die Menge des dem Parasiten zum Opfer fallenden und des unverbraucht absterbenden Protoplasmas kommt wohl mindestens derjenigen gleich, welche normaler Weise 1 cm des Fadens enthält. Die Pflanze muss durch diesen Substanzverlust natürlich in gewissem Grade geschwächt und in der Entwickelung aufgehalten werden, und falls der Parasit einen kleinen und schwachen Faden befällt, so kann es wohl vorkommen, dass dieser ganz erschöpft und zu Grunde gerichtet wird. Im Allgemeinen aber ist die Wirkung des Parasiten nicht gerade als eine sehr verderbliche zu bezeichnen, denn kräftige Rasen der *Vaucheria* vertragen selbst eine sehr reichliche Invasion der *Notommata* ganz gut und lassen sich durch dieselbe in der Production von Fortpflanzungsorganen nicht stören.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich noch einmal auf die geradezu wunderbare Resistenz aufmerksam machen, welche das Protoplasma der *Vaucheria* den Eingriffen des Parasiten gegenüber an den Tag legt. Schon Hofmeister[1]) führte unseren Fall als Beispiel für die Fähigkeit des Protoplasmas an, Verletzungen ohne Nachtheil für das Leben zu er-

1) Hofmeister, Die Lehre von der Pflanzenzelle, 1867, p. 77.

tragen; er hatte dabei eine einmalige Verletzung im Auge, die nach seiner Vorstellung beim Hineinlegen des Eies der *Notommata* in den *Vaucheria*-Schlauch seitens des draussen bleibenden Mutterthieres erfolgen sollte. In Wirklichkeit ist aber das Protoplasma in viel höherem Grade, als Hofmeister glaubte, mechanischen Insulten seitens des Parasiten ausgesetzt. Zunächst verträgt die Pflanze ohne Schaden die einmalige Verletzung beim Eindringen des Parasiten, was uns gegenüber der bekannten Fähigkeit der *Vaucheria*, Verwundungen zu ertragen, nicht besonders Wunder nimmt. Von nun beginnt aber erst eine lange Periode fortwährender localer Aufstörung des plasmatischen Wandbeleges von innen her, welche erst mit dem Absterben der Galle ihr Ende findet. Der eingedrungene Parasit rückt im Saftraum unter fortwährender Reibung an der Innenfläche des Wandbeleges vorwärts; er stemmt sich beim Vorrücken mit dem Fuss an den Wandbeleg; er versetzt beim Hin- und Herkrümmen seines Körpers den Wandbeleg in plötzliche heftige Bewegung; er steckt seine Wimpern in den Wandbeleg und wühlt ihn durch deren Schwingungen in seiner ganzen Dicke auf, wobei Partikeln des Wandbeleges losgerissen werden und in den Saftraum gelangen; er saugt sich mit dem Munde am Wandbeleg fest und zerrt ihn bei seinen ruckweisen Bewegungen heftig hin und her; er frisst endlich das gesammte Protoplasma der Galle bis auf eine äusserst dünne Schicht total auf. Dass trotz derartiger grober und andauernder Misshandlung das Protoplasma einer Pflanze Wochen lang am Leben bleibt, ohne anscheinend den geringsten Schaden zu nehmen, das ist, soweit mir bekannt, ein ganz einzig dastehender Fall.

Es sei schliesslich noch erwähnt, dass die Unterbrechung der Continuität des Fadens der *Vaucheria*, welche durch die Abgrenzung und das Absterben der die Galle tragenden Fadenpartie zu Stande kommt, wieder rückgängig gemacht werden kann. Die *Vaucheria* besitzt nämlich die Fähigkeit der Durchwachsung entleerter Fadentheile. Die Querwände, durch welche die absterbende Fadenpartie abgetrennt wurde, können nachträglich ins Wachsen gerathen, in Folge dessen von einem oder von beiden Enden des todten Fadenstückes neue, etwas dünnere Fäden in dasselbe hineinwachsen, welche schliesslich mit den Spitzen aufeinander-

treffen und mit einander verschmelzen. Diese Erscheinung, welche meines Wissens bisher bei Algen nicht beobachtet wurde, ist hingegen bei Pilzen ziemlich verbreitet[1]); et ist dies insofern von Interesse, als die Fähigkeit zur Durchwachsung ein neues Glied in der Reihe von Eigenthümlichkeiten ist, welche *Vaucheria* mit den Pilzen gemein hat, und welche diese Gattung als eines der Bindeglieder zwischen Algen und Pilzen erscheinen lassen. Bei den Pilzen hat die Durchwachsung toter Hyphenpartien eine wichtige biologische Bedeutung, indem hierdurch die unterbrochene Nahrungszufuhr vom Substrat aus zu dem apicalen Theil der Hyphe wiederhergestellt wird; bei *Vaucheria* dagegen, wo jeder der beiden ausser Verbindung gesetzten Fadentheile sich selbstständig zu ernähren vermag, scheint der Durchwachsung keine biologische Bedeutung zuzukommen.

Zusammenfassende Betrachtung der Gallen und Vergleich derselben mit den Gallen höherer Pflanzen.

Gehen wir von der oben sehr wahrscheinlich gemachten Bedeutung der *Notommata*-Gallen als metamorphosirte, vegetative Seitenzweige der *Vaucheria* aus, so können wir die folgenden, durch den Einfluss des Parasiten hervorgerufenen Modificationen des Bildungstriebes der Pflanze constatiren, durch welche die Umwandlung eines gewöhnlichen Seitenzweiges in eine Galle bewirkt wird.

1. Begrenzung des Längenwachsthums.
2. Uebermässiges Dickenwachsthum (Hypertrophie in der Querrichtung).
3. Dichotomische (resp. trichotomische) Verzweigung, welche normaler Weise sowohl bei *Vaucheria Walzi* als auch bei der grossen Mehrzahl der *Vaucheria*-Arten nie vorkommt[2]).

---

1) Vergl. Rothert, Botan. Zeitung 1892, p. 359 und die dort angeführte Literatur.

2) Nach Walz (l. c., p. 128—129) kommt dichotomische resp. trichotomische Verzweigung bei keiner der vollständig bekannten *Vaucheria*-Species vor; unter den noch unvollständig bekannten Species ist sie der *V. tuberosa* A. Br. und vielleicht der *V. trifurcata* Kg. eigenthümlich. Bei *V. dichotoma* kann nach Solms-Lau-

4. Ungewöhnliche Verdickung des Protoplasma-Wandbeleges, in Folge andauernden Zuströmens des Protoplasmas aus dem Faden.
5. Mehr oder weniger starke Verdickung der Membran.
6. Einlagerung von Substanzen in die Membran (vorwiegend in Form besonderer Lamellen), welche normaler Weise nicht producirt zu werden scheinen.
7. Eigenthümliche Ausbildung der Membran am Scheitel der ausgewachsenen Zweigspitzen, wodurch präformirte Austrittstellen für die Brut der Parasiten geschaffen werden.

Sehen wir nun zu, inwiefern die *Notommata*-Gallen der *Vaucheria* mit den Gallen (Cecidien) höherer Pflanzen Analogien bieten. Unter Gallen versteht man bekanntlich durch den Eingriff gewisser Thiere hervorgerufene Auswüchse verschiedener pflanzlicher Organe oder abnorm umgewandelte ganze Organe resp. Organcomplexe, welche von dem betreffenden Thier bewohnt werden und ihm auf Kosten ihrer Substanz Nahrung liefern. Diese Definition passt, wie man sieht, vollkommen auf unsere *Notommata*-Gallen. Hierauf beschränkt sich indess die Uebereinstimmung nicht, denn wir finden wenigstens bei gewissen Phanerogamengallen alle oben aufgeführten charakteristischen Eigenthümlichkeiten unserer Galle oder Analoga derselben ebenfalls realisirt[1]). Die Begrenzung des Längenwachsthums und die Hypertrophie in der Querrichtung ist bei den aus metamorphosirten Stengeltheilen entstandenen Gallen eine häufige Erscheinung. Aenderung der normalen Verzweigung (wenn auch nicht gerade in Form von Dicho- und Trichotomie) kommt bei vielen zusammengesetzten Gallen vor. Punkt 4 ist mutatis mutandis bei allen Gallen realisirt, indem ein Zuströmen von Nahrungsstoffen zu der Galle überall nothwendig stattfinden muss, um dem

---

bach (Botan. Zeitung 1867, p. 361) trotz des täuschenden Namens „von Dichotomie gar keine Rede sein". Abnorm findet sich dichotomische Verzweigung bei *V. geminata* in dem sog. *Gongrosira*-Zustand (Stahl, Botan. Zeitung 1879, Taf. II, Fig. 1).

1) Vergl. Ludwig, Lehrbuch der Biologie der Pflanzen, p. 97—110 und Kerner, Pflanzenleben, Bd. II, p. 520—546. Die Originalliteratur über Gallen ist mir leider fast durchweg unzugänglich, wodurch ich verhindert bin, auf den Gegenstand näher einzugehen, wie er es vielleicht verdiente.

Parasiten Nahrung zu liefern. Dem Punkt 5 entspricht, dass die meisten Gallen durch besondere dickwandige Steinzellenschichten gefestigt werden. Qualitative Differenzen der stofflichen Zusammensetzung zwischen Galle und der übrigen Pflanze (also Anregung durch das Gallenthier zur Bildung von Substanzen, die im normalen Stoffwechsel der Pflanze nicht producirt werden, — Punkt 6) dürften wohl auch vorkommen, obgleich mir kein sicheres Beispiel hierfür bekannt ist[1]); sicher ist hingegen wenigstens, dass bedeutende quantitative Differenzen vorkommen, — und es muss in Betracht gezogen werden, dass auch bei *Vaucheria* vielleicht nur eine sehr bedeutende quantitative Differenz vorliegt, indem die scheinbar der Gallenmembran eigenthümlichen Stoffe möglicher Weise normal gebildet werden, aber in mikrochemisch nicht nachweisbarer Menge. Was endlich den Punkt 7 anbetrifft, so besitzen auch manche Gallen höherer Pflanzen (die sog. Deckelgallen) ebenfalls präformirte Austrittstellen für den Parasiten, deren Entstehung wohl auch auf eine local differente Ausbildung der Zellmembranen zurückzuführen ist.

Die Analogie der *Notommata*-Galle an *Vaucheria* mit den Gallen der Phanerogamen ist also in Bezug auf Bau und Function eine vollständige, mit der Einschränkung natürlich, dass hier Theile einer Zelle oder sogar nur der Zellmembran analoge Ausbildung erfahren und eine analoge Rolle spielen, wie dort vielzellige Gewebe oder Organe. Gerade hierdurch ist aber eben die *Notommata*-Galle von besonderem Interesse, dass sie trotz ihres unvergleichlich einfacheren Baues dennoch eine bis in die Einzelheiten gehende Analogie mit den Gallen höherer Pflanzen aufweist und den Bedürfnissen des sie bewohnenden Thieres in nicht minder vollkommenem Grade angepasst ist wie diese.

Ein Unterschied ist allerdings vorhanden: Während bei den Phanerogamen das in den meisten Fällen freilebende Gallenthier nur seine Eier auf oder in den Pflanzentheil deponirt und erst die aus den Eiern geschlüpften Larven die Anregung zur Bildung der Galle geben, in ihr leben und sich

---

1) Einen solchen Fall dürfte die Production des kürzlich aufgefundenen, Gallocerin genannten, harzartigen Körpers in den Galläpfeln von Eichen bilden (Fr. Koch, Phytochemische Studien, Berlin 1895; citirt nach dem Referat in Beihefte zum Botan. Centralblatt, 1896, Heft 1, p. 14). — [Nachträgliche Anmerkung.]

ernähren, verhält es sich in unserem Falle gerade umgekehrt. Hier dringt das noch junge Gallenthier in die Pflanze ein, veranlasst die Bildung der Galle und macht in ihr seine ganze Entwickelung bis zur Eiablage durch; die aus den Eiern geschlüpften Jungen aber verlassen die Galle. Doch betrifft dieser Unterschied eigentlich nur die Entwickelungsweise der Gallenthiere und ist für die Beurtheilung der Natur der Gallen selbt irrelevant.

Wir müssen daher die *Notommata*-Galle der *Vaucheria* den übrigen Gallen gleichwerthig an die Seite stellen. Dieselbe bildet den bisher einzigen Fall von typischer Gallenbildung bei den Thallophyten und durch ein Thier aus der Klasse der Rotatorien.

Zusammenstellung der hauptsächlichen Ergebnisse.

Während der *Vaucheria Walzi* ebenso wie den meisten anderen *Vaucheria*-Arten normaler Weise ausschliesslich monopodiale Verzweigung eigenthümlich ist, sind die als Gallen fungirenden Auswüchse ein- bis mehrfach dichotomisch resp. trichotomisch verzweigt; die „Hörner" der Gallen sind nichts anderes, als die mehr oder weniger verkürzten Zweige letzter Ordnung.

Die Membran der Gallen unterscheidet sich von derjenigen des übrigen *Vaucheria*-Thallus durch ihre Verdickung und Schichtung; sie enthält Substanzen, welche nur ihr eigenthümlich oder wenigstens anderwärts nicht in nachweisbarer Menge vorhanden sind.

Die ganze Galle ist von einer dünnen Schleimschicht umgeben, welche das Umwandlungsproduct der beim Wachsthum gesprengten äusseren Membranschichten ist. Eine solche Schleimschicht findet sich auch an allen anderen Stellen des *Vaucheria*-Thallus, wo vor Kurzem Flächenwachsthum der Membran stattgefunden hat.

Die Membran der Hörnerenden („Calotten") ist in ihrer Beschaffenheit, insbesondere auch in ihrer stofflichen Zusammensetzung, von der übrigen Gallenmembran wesentlich verschieden.

Die junge Galle zeichnet sich durch die ungewöhnliche Dicke ihres chlorophyllführenden Protoplasmawandbeleges aus, welche die Folge eines fortwährenden Zuströmens von Protoplasma aus

Parasiten Nahrung zu liefern. Dem Punkt 5 entspricht, dass die meisten Gallen durch besondere dickwandige Steinzellenschichten gefestigt werden. Qualitative Differenzen der stofflichen Zusammensetzung zwischen Galle und der übrigen Pflanze (also Anregung durch das Gallenthier zur Bildung von Substanzen, die im normalen Stoffwechsel der Pflanze nicht producirt werden, — Punkt 6) dürften wohl auch vorkommen, obgleich mir kein sicheres Beispiel hierfür bekannt ist[1]); sicher ist hingegen wenigstens, dass bedeutende quantitative Differenzen vorkommen, — und es muss in Betracht gezogen werden, dass auch bei *Vaucheria* vielleicht nur eine sehr bedeutende quantitative Differenz vorliegt, indem die scheinbar der Gallenmembran eigenthümlichen Stoffe möglicher Weise normal gebildet werden, aber in mikrochemisch nicht nachweisbarer Menge. Was endlich den Punkt 7 anbetrifft, so besitzen auch manche Gallen höherer Pflanzen (die sog. Deckelgallen) ebenfalls präformirte Austrittstellen für den Parasiten, deren Entstehung wohl auch auf eine local differente Ausbildung der Zellmembranen zurückzuführen ist.

Die Analogie der *Notommata*-Galle an *Vaucheria* mit den Gallen der Phanerogamen ist also in Bezug auf Bau und Function eine vollständige, mit der Einschränkung natürlich, dass hier Theile einer Zelle oder sogar nur der Zellmembran analoge Ausbildung erfahren und eine analoge Rolle spielen, wie dort vielzellige Gewebe oder Organe. Gerade hierdurch ist aber eben die *Notommata*-Galle von besonderem Interesse, dass sie trotz ihres unvergleichlich einfacheren Baues dennoch eine bis in die Einzelheiten gehende Analogie mit den Gallen höherer Pflanzen aufweist und den Bedürfnissen des sie bewohnenden Thieres in nicht minder vollkommenem Grade angepasst ist wie diese.

Ein Unterschied ist allerdings vorhanden: Während bei den Phanerogamen das in den meisten Fällen freilebende Gallenthier nur seine Eier auf oder in den [illegible]nzentheil deponirt und erst die aus den Eiern geschlüpft[illegible]en die Anregung zur Bildung der Galle geben, in ihr[illegible]nd sich

---

1) Einen solchen Fall dürfte die Production des [illegible] inde Gallocerin genannten, harzartigen Körpers in den Ga[illegible] (Fr. Koch, Phytochemische Studien, Berlin 1895; [illegible] Beihefte zum Botan. Centralblatt, 1896, Heft 1, p. 14).

ernähren, verhält es sich in unserem Falle gerade umgekehrt. Hier dringt das noch junge Gallenthier in die Pflanze ein, veranlasst die Bildung der Galle und macht in ihr seine ganze Entwickelung bis zur Eiablage durch; die aus den Eiern geschlüpften Jungen aber verlassen die Galle. Doch betrifft dieser Unterschied eigentlich nur die Entwickelungsweise der Gallenthiere und ist für die Beurtheilung der Natur der Gallen selbt irrelevant.

Wir müssen daher die *Notommata*-Galle der *Vaucheria* den übrigen Gallen gleichwerthig an die Seite stellen. Dieselbe bildet den bisher einzigen Fall von typischer Gallenbildung bei den Thallophyten und durch ein Thier aus der Klasse der Rotatorien.

Zusammenstellung der hauptsächlichen Ergebnisse.

Während der *Vaucheria Walzi* ebenso wie den meisten anderen *Vaucheria*-Arten normaler Weise ausschliesslich monopodiale Verzweigung eigenthümlich ist, sind die als Gallen fungirenden Auswüchse ein- bis mehrfach dichotomisch resp. trichotomisch verzweigt; die „Hörner" der Gallen sind nichts anderes, als die mehr oder weniger verkürzten Zweige letzter Ordnung.

Die Membran der Gallen unterscheidet sich von derjenigen des übrigen *Vaucheria*-Thallus durch ihre Verdickung und Schichtung; sie enthält Substanzen, welche nur ihr eigenthümlich oder wenigstens anderwärts nicht in nachweisbarer Menge vorhanden sind.

Die ganze Galle ist von einer dünnen Schleimschicht umgeben, welche das Umwandlungsproduct der beim Wachsthum gesprengten äusseren Membranschichten ist. Eine solche Schleimschicht findet sich auch an allen anderen Stellen des *Vaucheria*-Thallus, wo vor Kurzem Flächenwachsthum der Membran stattgefunden hat.

Die Membran der Hörnerenden („Calotten") ist in ihrer Beschaffenheit, insbesondere auch in ihrer stofflichen Zusammensetzung, von der übrigen Gallenmembran wesentlich verschieden.

Die junge Galle zeichnet sich durch die ungewöhnliche Dicke ihres chlorophyllführenden Protoplasmawandbeleges aus, welche die Folge eines fortwährenden Zuströmens von Protoplasma aus

dem Tragfaden in die Galle ist. Der Tragfaden wird in Folge dessen bis auf eine gewisse Entfernung von der Galle in weitgehendem Maasse entleert. Schliesslich grenzt sich ein die Galle tragendes Stück des Fadens durch Querwände von den weiter abliegenden Fadentheilen ab, welche gesund bleiben oder zum Theil absterben.

Der in der Galle befindliche Parasit nährt sich von dem gesammten Wandbeleg mit Einschluss der Chlorophyllkörner und Oeltropfen, und frisst allmählich fast den gesammten protoplasmatischen Inhalt der Galle auf. Der sehr dünn gewordene Wandbeleg stirbt schliesslich ab und zerfällt.

Gleichzeitig mit dem Absterben der Galle oder nach demselben werden die „Calotten" aufgelöst und so Auswege für die aus den Eiern schlüpfenden Jungen des Parasiten geschaffen. Die Auflösung erfolgt bald schneller, bald langsamer, und wird wenigstens im letzteren Falle sicher durch auf der Aussenseite der Calotte befindliche Bakterien bewirkt.

Der Parasit dringt in den *Vaucheria*-Thallus höchst wahrscheinlich durch die konisch verjüngte Spitze wachsender Fäden ein, indem er deren Membran mittelst seiner aus dem Schlunde hervorstreckbaren Kiefer durchbeisst.

Die Gallen entstehen höchst wahrscheinlich aus vegetativen Seitenzweigen des Thallus, welche in Folge der Verletzung des Vegetationspunktes durch den Parasiten gebildet werden und in welche der Parasit hineingelangt.

An Stellen des Thallus, welche keinen spontanen Wachsthumstrieb haben, vermag der Parasit begrenztes Wachsthum anzuregen, nicht aber die Bildung von Gallen hervorzurufen.

Zur Ausbildung einer Galle ist das fortwährende Zusammenwirken des spontanen Wachsthumstriebes der Pflanze und der modificirenden Einwirkung seitens des Parasiten erforderlich.

Die Ursache der den Entwickelungstrieb der Pflanze modificirenden Einwirkung des Parasiten liegt vielleicht ausschliesslich, jedenfalls aber zum wesentlichen Theil in der mechanischen Reizung des Protoplasmas, welche er ausübt.

Nur durch die Bildung einer Galle wird die normale Entwickelung des Parasiten im *Vaucheria*-Thallus ermöglicht.

Vaucheria zeichnet sich durch eine staunenswerthe Resistenz

gegen die groben mechanischen Insulte aus, denen ihr Protoplasma von Seiten des Parasiten fortwährend ausgesetzt ist.

Die Continuitätsunterbrechung im *Vaucheria*-Faden, welche durch das Absterben des die Galle tragenden Fadenstückes zu Stande kommt, kann durch Durchwachsung der abgestorbenen Strecke wieder rückgängig gemacht werden.

Die *Notommata*-Galle der *Vaucheria*-Arten ist den Gallen der höheren Pflanzen ebenbürtig an die Seite zu stellen; alle Modificationen des normalen Bildungstriebes, welche die Ausbildung der Ersteren bedingen, finden sich mutatis mutandis auch bei den Letzteren.

Kazan, im März 1896.

Nachtrag.

Als das Manuscript der vorstehenden Arbeit bereits zum Druck abgeschickt war, erhielt ich durch die Freundlichkeit des Herrn Prof. de Toni Kenntniss von zwei neueren, auf denselben Gegenstand bezüglichen Arbeiten, welche mir entgangen waren, da sie in mir unzugänglichen Zeitschriften publicirt sind; es sind folgende:

A. W. Bennett, *Vaucheria*-Galls (Annals of Botany, November 1889).

F. Debray, Sur *Notommata Werneckii* Ehrb., parasite des *Vauchériées* (Bull. Scientifique de la France et de la Belgique, t. XXII, 1890, p. 222—240).

Ueber den Inhalt der ersteren Arbeit konnte ich nichts in Erfahrung bringen, — es dürfte wohl nur eine kurze Notiz sein. Die Arbeit von Debray erhielt ich durch die Freundlichkeit des Verfassers, und muss ich auf dieselbe etwas eingehen.

Debray fand bei Algier den Parasiten auf *Vaucheria geminata* und noch einigen anderen Arten. Obgleich er selber zu der Meinung gelangt ist, dieselbe *Notommata*-Species vor sich gehabt zu haben wie Balbiani, so muss ich doch dies bestreiten und meine, dass der von Debray beobachtete Parasit nicht identisch sein kann mit demjenigen, den Balbiani und ich untersuchten; die Begründung dieser Meinung gehört nicht hierher. Die vom

Parasiten hervorgerufenen Gallen sind aber dennoch im Grossen und Ganzen ebenso beschaffen, wie Balbiani und ich sie fanden; einige nicht sehr wesentliche Differenzen könnten von der Verschiedenheit der Wirthspflanze abhängen, da Debray die Gallen auf verschiedenen *Vaucherien* etwas verschieden fand, während in den (sehr dicken) Fäden von *V. pachyderma* der Parasit sich entwickelte, ohne Gallenbildung anzuregen.

In Uebereinstimmung mit mir wendet sich Debray gegen die Annahme Balbiani's, dass das Eindringen der Parasiten durch die Oeffnungen alter, entleerter Gallen erfolge, sowie gegen dessen Behauptung, dass die Gallen umgebildete Fructificationsorgane seien. Ebenfalls in Uebereinstimmung mit mir beobachtete er reichliche Chlorophyllkörner im Mageninhalt des erwachsenen Parasiten.

In Bezug auf die Frage nach dem Modus des Eindringens des Parasiten ist Debray glücklicher gewesen als ich, eine befriedigende Lösung dieser Frage bringt er jedoch auch nicht. In einer Kultur, welche reich an Insectenlarven war, die sich von den *Vaucheria*-Fäden nährten, sah er einmal eine junge *Notommata* in das offene (also wohl von einer Larve abgebissene) Ende eines Fadens eindringen; was aus diesem Faden weiter geworden ist, berichtet er nicht, spricht jedoch im Allgemeinen die Meinung aus, dass die Parasiten in zufällige, durch die Larven verursachte Oeffnungen eindringen, worauf sie durch die bald erfolgende Vernarbung der Wunde im Faden eingeschlossen werden. (Auch ich glaubte zunächst, dass die Möglichkeit des Eindringens der Parasiten durch die Anwesenheit grösserer Thiere bedingt wird, welche die *Vaucheria*-Faden durchbeissen, — überzeugte mich jedoch später, dass dies nicht der Fall ist, da die Gallenbildung bei Anwesenheit grösserer Thiere ausbleiben und bei Abwesenheit solcher stattfinden kann.) — Ein anderes Mal sah Debray ein junges Thier auf der Oberfläche eines Fadens umherkriechen, und bald darauf fand er es im Innern desselben, ohne das Eindringen selbst verfolgt zu haben. Als Spur des Eindringens liess sich keine Oeffnung in der Membran auffinden, sondern nur eine leichte Unebenheit derselben, welcher drei *Vaucheria*-Chlorophyllkörner von aussen anhafteten. Nach einigen Tagen begann sich an dieser nämlichen Stelle eine Galle zu

entwickeln; der Parasit, der sich bis dahin an einer anderen Stelle des Fadens aufhielt, logirte sich in der Galle erst ein, nachdem dieselbe eine gewisse Grösse erreicht hatte. Diese Beobachtung lässt leider den Modus des Eindringens des Parasiten noch ziemlich räthselhaft erscheinen; mit der Vorstellung, welche ich mir gebildet und auf p. 570—572 der vorstehenden Arbeit entwickelt habe, steht sie wenigstens insofern in Einklang, als ein Durchbeissen der Zellmembran seitens des Parasiten jedenfalls angenommen werden muss.

Die Entwickelung und den Bau der Gallen behandelt Debray kurz (auf vier Seiten), und die meisten der von mir näher untersuchten Punkte werden von ihm gar nicht berührt.

Ich habe (p. 587) die Meinung ausgedrückt, die *Notommata*-Gallen der *Vaucherien* seien das erste Beispiel von Gallenbildung bei Thallophyten. Dies ist unrichtig, denn wie mir ebenfalls erst nachträglich bekannt wurde, sind in den letzten Jahren von Nematoden und Copepoden verursachte Gallen bei höheren Meeresalgen *(Rhodymenia palmata, Ascophyllum [Fucus] nodosum, Desmarestia aculeata)* gefunden worden. Die Literatur ist folgende:

E. S. Barton, On the Occurrence of Galls in *Rhodymenia palmata* Grev. (Journal of Botany, 1891).

— —, On Malformations of *Ascophyllum* and *Desmarestia* (British Museum Phycological Memoirs, Part I, 1892).

Die erste dieser zwei Arbeiten ist mir unzugänglich; die zweite bietet nichts, was ein näheres Eingehen auf deren Inhalt an dieser Stelle erforderlich machte.

Im August 1896.

Figuren-Erklärung.

(Sämmtliche Figuren sind mit Zeichenapparat nach der Natur gezeichnet. Die Vergrösserung ist auf den Tafeln bei den einzelnen Figuren angegeben. Alle Figuren, mit Ausnahme der Fig. 29 u. 30, beziehen sich auf *Vaucheria Walzi* n. sp. und deren Gallen.)

Tafel VIII.

Fig. 1. Seitenansicht eines alten Fruchtzweiges, dessen Krümmungsebene mit der Richtung des Tragfadens zusammenfällt, mit einem entleerten Antheridium

und vier paarweise opponirten Oogonienzweigen. Die Insertionsstellen der zwei nach aufwärts gerichteten Oogonienzweige sind allein zu sehen. Die Pfeile bezeichnen die Richtung der Krümmungsebenen der Oogonienzweige.

Fig. 2. Desgleichen, mit nur zwei opponirten Oogonienzweigen; die Insertionsstelle des nach unten gerichteten schimmert durch den Fruchtzweig hindurch. Das Antheridium ist nicht mehr vorhanden.

Fig. 3. Junger Fruchtzweig, dessen Krümmungsebene zur Richtung des Tragfadens senkrecht ist, aufrecht stehend, von oben gesehen. Zwei Oogonienzweige mit noch nicht abgegrenzten Oogonien; sie sind in horizontaler Ebene gekrümmt, die Schnäbel der Oogonien etwas nach abwärts gerichtet. Das Antheridium in verticaler Ebene nach abwärts eingerollt, nur zum Theil sichtbar. Der Tragfaden ist bei viel tieferer Einstellung sichtbar.

Fig. 4. Junger Fruchtzweig in liegender Stellung; dessen Krümmung zum Tragfaden senkrecht, die Concavität nach aufwärts. Antheridium in zum Faden fast senkrechter Ebene eingerollt, Oogonienzweige in dem Faden fast paralleler Ebene aufwärts gekrümmt; Schnäbel der Oogonien nach aufwärts und etwas nach innen gekehrt.

Fig. 5. Fruchtzweig mit Prolification, schräg von oben gesehen, der Tragfaden bei tieferer Einstellung sichtbar. An dem primären (unteren) Fruchtzweig die Oosporen schon abgefallen, an dem secundären (oberen) Zweig noch unreif. Die Antheridienzweige *a* und *a'* und die Oogonienzweige nach abwärts gekrümmt.

Fig. 6. Fadenende mit zwei Sporangien. *a* ein terminales, noch nicht geplatztes Sporangium mit fertiger Aplanospore; *b* ein laterales, auf kurzem Seitenzweig sitzendes Sporangium, dessen Membran geplatzt, gefaltet und die Aplanospore becherförmig umfassend.

Fig. 7. Durchwachsung eines Sporangiums.

Fig. 8. Eine keimende Aplanospore.

Fig. 9. Entwickelungsstadien einer Galle.

a am 26. October, sehr junges Stadium. Von dem Parasiten scheint durch den dicken Wandbeleg nur der noch wenig angeschwollene, schwarze Magen hindurch.

b am 27. October. Der Contour des Parasiten erkennbar.

c am 28. October. Galle erwachsen, mit vier Hörnern, von denen zwei verdeckt sind. Wandbeleg schon dünner.

d am 1. November. Der Parasit hat zahlreiche Sommereier gelegt, von denen nur die bei oberer Einstellung sichtbaren gezeichnet sind; die dem Mutterthier näheren sind jünger, mit noch körnigem Inhalt, die entfernteren sind älter, hell, mit rothem Auge. Durch die feine Punktirung ist die Vertheilung der Chlorophyllkörner in Galle und Tragfaden angedeutet. Der Tragfaden ist in grösserer Ausdehnung gezeichnet, um die Länge des mittleren, am Leben gebliebenen Stückes zu zeigen, das beiderseits von abgestorbenen Fadenstücken mit contrahirtem Inhalt begrenzt ist.

Fig. 10. *a* das rechte Horn der Fig. 9*c* im optischen Längsschnitt. Zeigt die noch gleichmässig dünne Membran, die Hyaloplasmaschicht im Hornende und die dicke, chlorophyllführende Plasmaschicht.

b dasselbe Horn im Stadium der Fig. 9*d*. Zeigt die Verdickung und Differenzirung der Membran (die gebräunte Seitenwand ist schraffirt, die Calotte weiss

gelassen), die Schleimschicht mit den anhaftenden Bakterien, den von der Calotte **etwas zurückgetretenen, sehr dünnen Wandbeleg** mit vereinzelten Chlorophyllkörnern **und eine der hellbraunen Kugeln im Saftraum.**

Fig. 11. Contour einer glockenförmigen Galle mit zwei Hörnern am Scheitel **und einem Horn an der Basis. Rechts eine halbkugelige** Aussackung des Tragfadens. **Links am Ende des Tragfadens die vernarbte Wundstelle** *e*.

Fig. 12. Das rechte Horn der Fig. 11, im optischen Längsschnitt und gleichzeitig **in der Aufsicht dargestellt. Zeigt die verdickte** und gebräunte Seitenwand, **die dünne Calotte, die Hyaloplasmaschicht** *h* **unter dieser,** den dünnen Wandbeleg **mit schon locker werdender Chlorophyllkörnerschicht** und die Oeltropfen.

Fig. 13. Contour einer regelmässig dreifach-dichotomischen Galle. *A* in **Flächenansicht von der Breitseite gesehen;** *B* **die abgeschnittene** Spitze in der **Scheitelansicht. Die Ziffern** *1—8* **bezeichnen in beiden Figuren** die einander entsprechenden **Hörner.** *aa* **ist die primäre Symmetrieebene,** welche hier durch den **(in Fig.** *A* **zum Papier senkrecht stehenden) Tragfaden geht,** *b* und *b'* sind die **zwei secundären,** *c*, *c'*, *c''* **und** *c'''* **die vier tertiären** Symmetrieebenen.

Fig. 14. Scheitelansicht einer regelmässig trichotomisch × dichotomisch **verzweigten Galle, mit in einer horizontalen Ebene** ausgebreiteten Hörnern. Zeigt **die ungleiche Dicke der Calotten und der übrigen** Gallenmembran.

Fig. 15. Ein Horn der Fig. 14. Zeigt die Schichtung der Seitenwand, die **Schleimschicht mit den ihr anhaftenden Bakterien,** einzelligen grünen Algen und **einer Diatomee.**

Fig. 16. Contour einer grossen, spindelförmigen Galle mit drei Hörnern am **Scheitel und einem Horn an der Basis. Links ein** abgestorbenes Fadenstück, das durch **eine Querwand von dem noch lebenden, die Galle** tragenden Theil abgegrenzt ist.

Tafel IX.

Fig. 17. Doppelgalle, die mittels eines (in der Figur nicht sichtbaren) Fusses **dem bei tieferer Einstellung sichtbaren Tragfaden aufsitzt.** Die rechte Theilgalle **besitzt vier, die linke acht Hörner (die bei beiden** zum Theil verdeckt sind). Erstere **enthält ein Mutterthier und zahlreiche,** in Entwickelung begriffene Sommereier mit **Auge, letztere ein Mutterthier, zahlreiche** (doppelt contourirte) Wintereier, ein in **Entwickelung begriffenes und ein frisch gelegtes** Sommerei (von den vielen Eiern **sind nur die bei oberer Einstellung sichtbaren** gezeichnet).

Fig. 18. *a* **ein Horn der linken Theilgalle** der Fig. 17, kurz vor dem Absterben **des Wandbeleges. Der innere Contour** der zart geschichteten Calotte **etwas uneben.**

b **dasselbe Horn einen Tag später,** nachdem der Wandbeleg abgestorben ist. **Die inneren Schichten der Calotte in Auflösung** begriffen, eine dünne, äussere **Lamelle erhalten.**

Fig. 19. Horn einer vor Kurzem abgestorbenen, Wintereier führenden Galle, **nach einem in Glycerin eingeschlossenen Präparat.** Die äusseren Schichten der **Calotte sind aufgelöst, eine innere,** derbere Lamelle bleibt erhalten. Die Gallenmembran **stark verdickt und deutlich** geschichtet.

Fig. 20. Ein Horn einer kürzlich ausgewachsenen Galle, mit Schleimschicht **und den dieser anhaftenden Bakterien.** Die dünne, farblose Calotte ist gegen die

dicke, braune Seitenwand sowohl im optischen Längsschnitt als in der Flächenansicht scharf abgesetzt.

Fig. 20a. Ein Doppelhorn nach Auflösung der Calotten, im optischen Längsschnitt und gleichzeitig in der Aufsicht dargestellt.

Fig. 21. Einige Monate alte, tonnenförmige Galle mit nur einem längst geöffneten Horn. Zeigt die Verdickung der Membran in der Galle und in dem benachbarten Theil des Tragfadens. Die Galle enthält ausser einigen in Entwickelung begriffenen Wintereiern und leeren Eihüllen (welche weggelassen sind) nur die Reste des schwarzen Mageninhalts des todten Mutterthieres.

Fig. 22. Eine ungewöhnlich lange, fadenförmige Galle, bereits seit mehreren Tagen abgestorben und an der Spitze geöffnet. Sie enthält das todte Mutterthier, einige in Entwickelung begriffene Sommereier, zahlreiche leere Eihäute (von denen nur ein Theil gezeichnet ist) und Reste des zerfallenen Wandbeleges. *e* die vernarbte Wundstelle an der Fadenspitze. *l* ein schon früher abgestorbenes Fadenstück, welches das die Galle tragende Fadenstück von dem weiter abliegenden, lebenden Theil des Fadens trennt.

Fig. 23. Contour einer eben ausgewachsenen zweigartigen Galle mit zwei apicalen und einem basalen Horn. Dieselbe enthielt ein Mutterthier und ein Ei.

Fig. 24. Contour einer kleinen todten Galle mit zwei ungewöhnlich langen, zweigartigen, geöffneten Hörnern. *e* die vernarbte Wundstelle am Ende des Fadens.

Fig. 25. Eine schwache terminale Anschwellung eines Fadens, ohne Hörner, mit lebendem Mutterthier und Eiern.

Fig. 26. Contour einer alten, tonnenförmigen, dreihörnigen Galle, mit Sexualorganen an ihrer Basis.

Fig. 27. Contour einer kleinen, zweihörnigen, trichterförmigen Galle.

Fig. 28. Contour einer grossen, scheinbar unregelmässig gestalteten Galle. Dieselbe ist zunächst dichotomisch in die beiden ungleich entwickelten Zweige *A* und *B* getheilt, der letztere theilt sich nochmals dichotomisch in die ebenfalls etwas ungleich entwickelten Zweige *a* und *b*; jeder der drei Zweige weist endlich seinerseits eine angedeutete Dichotomie auf und trägt zwei sehr stumpfe Hörner, die bei *b* im optischen Längsschnitt zu sehen sind, während sie bei *A* und *a* ungünstig liegen und daher in der Zeichnung nicht sichtbar sind.

Fig. 29. Kauapparat eines jungen Weibchens der *Notommata Wernecki*, in etwas schräger Aufsicht; die bei verschiedenen Einstellungen sichtbaren und theilweise stark geneigt liegenden Theile in eine Ebene projicirt dargestellt. Nach einem mit Kalilauge behandelten und in Glycerin liegenden Präparat.

m Manubrien, *u* Unci, *f* Fulcrum, *r* Rami, *z* über den Spitzen der Rami gelegene Zähnchen.

Fig. 30. Kopf eines in genauer Profilstellung liegenden jungen Weibchens von *Notommata Wernecki*, im optischen Längsschnitt, um Bau und Lage des Kauapparates in Seitenansicht zu zeigen. Nach einem mit Osmiumsäure fixirten und vorsichtig mit Kalilauge und Glycerin behandelten Präparat.

s Schlund, *a* Auge; die Bedeutung der übrigen Buchstaben wie in Fig. 29.

Beiträge zur Kenntniss der Auxosporenbildung[1]). I. Rhopalodia gibba (Ehrenb.) O. Müller.

Von

H. Klebahn in Hamburg.

Mit Tafel X.

Die älteste Beobachtung über die Gebilde bei den Bacillariaceen, die wir jetzt nach Pfitzer [I, 88; II, 23][2]) Auxosporen nennen, scheint die von Kützing (I, 71; II, Taf. 17, 68) zu sein, der im Jahre 1833 die angeschwollenen Zellen von *Melosira*-Arten erwähnt und abbildet, ohne sich jedoch über die etwaige Bedeutung derselben zu äussern. Als der eigentliche Entdecker des Vorganges der Auxosporenbildung muss Thwaites bezeichnet werden. Thwaites (I—VII) sah die Erscheinung im Jahre 1847 und in den folgenden Jahren bei *Epithemia turgida* und bei einer Anzahl anderer Arten. Er erkannte die Bedeutsamkeit derselben, und indem er sie als Conjugation auffasste, traf er wenigstens für einen Theil der Fälle das Richtige. In der Folgezeit wurde die Zahl der Arten, bei denen man Auxosporenbildung auffand, nicht unerheblich vermehrt[3]). Die Beobachtungen sind jedoch nicht alle mit der genügenden Kritik ausgeführt; es wurden mehrfach Vorgänge für Conjugation ausgegeben, in denen man die Copulation nur durch Analogie er-

1) Die nachfolgenden Untersuchungen wurden Anfang 1895 begonnen und April 1896 abgeschlossen. Die wichtigsten Resultate sind bereits in einem Vortrage auf der Naturforscher-Versammlung zu Lübeck, September 1895, mitgetheilt worden, s. die Berichte im Botan. Centralbl., Bd. LXIV, und Verhandl. d. Gesellsch. deutsch. Naturf. u. Aerzte, 1895, II, 1, p. 102.

2) S. das Literaturverzeichniss am Schlusse dieser Arbeit.

3) Eine Zusammenstellung der bekannten Fälle mit Literaturnachweisen folgt weiter unten.

schlossen hatte, und selbst die von Thwaites (III, p. 167) nur als Sporen bezeichneten Auxosporen der Melosiren sollten nach einzelnen Autoren gewissermassen durch innere Copulation entstehen (Lüders I, 60).

Erst Mac Donald und Pfitzer verdanken wir einen klareren Einblick in die Bedeutung der Auxosporenbildung. Es war zwar schon anderen Beobachtern aufgefallen, dass die Bacillariaceen durch fortgesetzte Theilung kleiner werden (Braun, 1851) und dass durch den Process der Auxosporenbildung Zellen von dem grössten Maasse der Species aus kleineren wieder hergestellt werden (Braun, l. c., Carter, 1856). Aber erst von Mac Donald und namentlich von Pfitzer (I, p. 88) wurde der Gedanke scharf und bestimmt ausgesprochen und von Pfitzer (II, p. 21 ff., 153 ff.) auch eingehend begründet, dass die Hauptbedeutung der Auxosporenbildung darin zu suchen sei, dass durch dieselbe die durch fortgesetzte Theilung verminderte Grösse der Bacillariaceen wieder auf die ursprüngliche zurückgeführt wird.

Zweifellos trifft die Anschauung von Mac Donald und Pfitzer für eine grosse Reihe von Fällen das Richtige. Auffällig muss es nur erscheinen, dass es noch eine so grosse Zahl von Gattungen der Bacillariaceen giebt, bei denen Auxosporenbildung überhaupt noch nicht beobachtet ist. Es bleibt daher weiterer Forschung vorbehalten, zu entscheiden, ob man hier die Auxosporen bisher nur übersehen hat, oder ob diese Gattungen der Auxosporen nicht bedürfen und auf einem anderen Wege die Maximalgrösse ihrer Zellen wieder erreichen können.

Durch die Beobachtungen von Pfitzer und später auch durch Schmitz (I, II) wurde ferner gezeigt, dass in einer Reihe von Fällen, wo die älteren Beobachter Conjugation angenommen hatten, eine solche überhaupt nicht stattfindet. Es lassen sich vielmehr fünf verschiedene Typen der Auxosporenbildung unterscheiden, die theils mit, theils ohne Conjugation verlaufen[1]).

Der einfachste Typus charakterisirt sich durch eine einfache mit Vergrösserung verbundene Verjüngung einer einzigen Zelle.

---

1) Schon 1856 unterschied Smith (II, Vol. II, p. XII) vier verschiedene Typen.

Dieser Typus ist sehr verbreitet. Er dürfte nach Schütt (IV, 566) für die planktonisch lebenden Formen, die der Eigenbewegung entbehren, der ausschliessliche sein. Im Einzelnen sind die Vorgänge ziemlich mannigfaltig[1]).

Bei dem zweiten Typus sollen aus dem Plasma einer Mutterzelle zwei Tochterzellen entstehen, aus denen zwei Auxosporen hervorgehen. Die vorliegenden Beobachtungen über zwei Arten aus zwei verschiedenen Gattungen bedürfen nach meiner Auffassung sehr der Nachprüfung.

Der dritte Typus ist der bei weitem verbreitetste. Zwei Zellen legen sich nebeneinander, werfen ihre alten Kieselmembranen ab, und jede wächst dann zu einer Auxospore heran, ohne dass — nach den übereinstimmenden Angaben von Pfitzer (II, 69—71, 90), Schmitz (I, 112, 124; II, 4—5) und Petit (I) — eine voraufgehende Verschmelzung oder ein sichtbarer Austausch von Bestandtheilen dabei zu beobachten wäre.

Bei dem vierten Typus ist eine echte Conjugation vorhanden. Die Plasmamassen zweier Zellen verschmelzen zu einer einzigen, und diese wächst dann zur Auxospore heran.

Auch bei dem fünften Typus findet Conjugation statt. Nur theilt sich zuvor das Plasma jeder der beiden zur Auxosporenbildung schreitenden Zellen in zwei Tochterzellen, und es entstehen zwei Auxosporen durch die Verschmelzung je einer Tochterzelle der einen Mutterzelle mit der ihr gegenüberliegenden der andern. Auxosporenbildung nach einem der beiden letztgenannten Typen ist nur bei einer geringeren Zahl von Gattungen bekannt.

Wenn auch nach der Theorie von Mac Donald und Pfitzer die Conjugation, die einst Thwaites für den wesentlichsten Vorgang bei der Auxosporenbildung gehalten hatte, nur eine Begleiterscheinung ist, die in einigen Fällen vorkommt, in einer weit grösseren Anzahl von Fällen dagegen entweder ganz fehlt (Typus I) oder vielleicht in Rückbildung begriffen ist (Typus III), so dürfte es doch nicht unnütz sein, die Aufmerksamkeit wieder auf die Conjugationserscheinungen bei der Auxosporenbildung hinzulenken. Es liegt ja nahe genug, darin einen

---

1) In der unten folgenden Zusammenstellung sind die bekannten Fälle von Auxosporenbildung nach den fünf Typen geordnet.

sexuellen Vorgang zu vermuthen, der etwa auf derselben Höhe der Entwickelung stehen würde, wie er sich in der Algengruppe der Conjugaten findet. Aber erst die Aufklärung über das Verhalten des Zellkerns bei diesen Vorgängen kann für die Auffassung derselben entscheidend sein. Ueber das Verhalten der Zellkerne in den Auxosporen liegen bis jetzt nur einige gelegentliche Bemerkungen Pfitzer's (II, 132) und Müller's (VI, 327, Taf. XIX, Fig. 12, 13) über *Melosira*-Arten vor, sowie russisch geschriebene Angaben Reinhardt's (III) über *Cocconeis*, die ich nur nach dem kurzen Berichte im Botanischen Centralblatt (Reinhardt, II) kenne, und die meiner Auffassung nach sehr der Bestätigung bedürfen. Systematische Untersuchungen über das Verhalten der Kerne während der Auxosporenbildung sind noch nicht ausgeführt worden.

Zur Ausfüllung dieser Lücke liefert die nachfolgende Untersuchung einen ersten Beitrag. Dieselbe bezieht sich auf *Rhopalodia gibba* (Ehrenb.) O. Müller[1]) [*Epithemia gibba* (Ehrenb.) Kütz.], eine Bacillariacee, die ihre Auxosporen nach dem fünften Typus bildet. Es erscheint aber wünschenswerth, auch das Verhalten der übrigen Typen zu prüfen. Von dem vierten stand mir geeignetes Material bisher nicht zur Verfügung; man wird hier ähnliche Verhältnisse erwarten können, wie sie im Folgenden besprochen werden sollen. Ueber einige Formen des ersten und des dritten Typus hoffe ich später berichten zu können. Der dritte erregt deshalb ein besonderes Interesse, weil es nicht gelungen ist, Copulationserscheinungen nachzuweisen, trotzdem sich mit grösster Regelmässigkeit zwei Zellen zur Auxosporenbildung vereinigen, und weil eine Befruchtung auf osmotischem Wege oder durch eine „dynamische" Einwirkung aus der Ferne, die Schmitz noch 1877 glaubte annehmen zu dürfen, sich mit den inzwischen gewonnenen Erfahrungen nicht verträgt. Bei dem ersten Typus wird es sich wesentlich darum handeln, festzustellen, ob der Kern den Process der Verjüngung ohne jede bemerkbare Veränderung übersteht, was nach meinen bisherigen Erfahrungen bei dem dritten Typus nicht der Fall ist.

---

1) O. Müller, X, 65.

Uebersicht der beobachteten Fälle von Auxosporenbildung[1]).

I. Typus (eine Mutterzelle bildet eine Auxospore).

Achnanthes Bory. — *A. subsessilis* Kütz.: Lüders I, 60, beschreibt auffällige Erscheinungen. Vergl. Typus II, III u. IV.

Biddulphia s. *Cerataulus* und *Odontella*.

Cerataulus Ehrenb. — *C. levis* (Ehrenb.) Ralfs: Thwaites III, 166, Fussnote.

Chaetoceras Ehrenb. — Spec.?: Schütt III.

Cocconeis Ehrenb. — *C. Pediculus* Ehrenb.: Schmitz II, 3. — *C. Placentula* Ehrenb.: Smith II, Taf. B, 32. Schumann I, 173 (sah alle Stadien). Reinhardt I, 633 (?). Nach Manoury I entsteht *C. Grevillei* Smith bei der Auxosporenbildung von *C. Placentula*. — Vergl. Typus III und IV.

Coscinodiscus Ehrenb. — *C. excentricus* Ehrenb.: Schumann I, 173.

Cyclotella Kütz. — *C. comta* (Ehrenb.) Kütz.: Miquel I (?). — *C. Kützingiana* Thwait.: Thwaites III, 169, Taf. 11, D. Smith II, Taf. B, 47. Schmitz II, 3. — *C. operculata* (Ag.) Kütz.: Hofmeister I, 25.

Fragilaria Lyngb. — *F. virescens* Ralfs: Hempel I, 137. Ohne genauere Angaben. Typus? — *F.* spec.?: H. L. Smith I. Auxosporen kaum grösser als die Mutterzellen (!?). Typus?

Gallionella Bory. — *G. nummuloides* (Dillw.) Bory: Thwaites III, 168. Lüders I, 60. Reinhardt I, 633. Miquel I. — *G. salina* (Kütz.): Borščow I, 92.

Isthmia Ag. — *I. nervosa* Kütz.: Cox I. Typus?

Libellus Cleve. — *L. Grevillei* (Ag.) Cleve: Smith II, Taf. E, 364. Nach Lüders zu Typus III, s. daselbst.

Lysigonium Link. — *L. Juergensii* (Ag.) Trev. (= *Melosira subflexilis* W. Smith): Smith II, Bd. II, p. X. Smith bezeichnet die Art als *M. subflexilis* Kütz., s. diese. — *L. monili-*

---

1) Die Reihenfolge der Gattungen und Arten ist die alphabetische. Der Nomenclatur ist De Toni, Sylloge Algarum, zu Grunde gelegt.

forme (Muell.) Link (= *M. Borreri* Grev.): Thwaites III, 165 bis 167, Taf. 11, C. Lüders I, 60. — *L. varians* (Ag.) De Toni: Kützing I, 71. Thwaites III, 165—167, Taf. 11, A. Lüders I, 60. Pfitzer II, 131. Schmitz II, 3. Miquel I und II. Borščow I, 91.

Melosira Ag. (s. auch *Gallionella*, *Lysigonium*, *Podosira*). — *M. arenaria* Moore (*Orthosira aren.* W. Smith): Schmitz II, 4. — *M. crenulata* (Ehrenb.) Kütz. (*Orthosira orichalcea* W. Smith): Thwaites III, 168, Taf. 11, B. Smith II, Taf. E, 337. — *M. orichalcea* (Mert.) Kütz. (*Orthosira orichalcea* W. Smith): Kützing II, Taf. 17, 68. — *M. Roeseana* Rabenh.: Schmitz nach Pfitzer II, 134 und 165. — *M. subflexilis* Kütz.: Smith II, Bd. II, p. X, s. *Lysigonium Juergensii*. — *M. undulata* (Ehrenb.?) Kütz.: Müller VI, 326—328.

Odontella Ag. — *O. aurita* (Lyngb.) Ag.: Miquel II. Typus?

Podosira Ehrenb. — ? *P. Montagnei* Kütz. (*Melosira globifera* Harv.), eine verwandte Art: Thwaites III, 167.

Rhizosolenia (Ehrenb.) Brightw. — *Rh. alata* Brightw.: Schütt I; IV, Taf. XXX, 7—27. — *Rh. Bergonii* Perag.: Schütt IV, 569, Taf. XXX, 3—6.

Sceletonema Grev. — *Sc. costatum* (Grev.) Cleve: Schütt IV, 568, Taf. XXX, 1—2.

Schizonema s. *Libellus*.

Terpsinoë Ehrenb. — *T. musica* Ehrenb.: Müller V.

II. Typus (eine Mutterzelle bildet zwei Auxosporen).

Achnanthes Bory. — *A. longipes* Ag.: Smith II, Taf. D, 300. Vergl. Typus I, III, IV.

Rhabdonema Kütz. — *Rh. arcuatum* (Lyngb.) Kütz.: Smith II, Taf. E, 305. Lüders I, 61 beschreibt sehr auffällige Vorgänge. Nach Buffham I polyandrische Conjugation (!?).

III. Typus (zwei Mutterzellen bilden zwei Auxosporen, nach Pfitzer, Schmitz u. A. ohne Conjugation).

Achnanthes Bory. — *A. exilis* Kütz.: Schmitz II, 5. — *A. longipes* Ag.: Lüders I, 59. Vergl. Typus I, II, IV.

Berkeleya Grev. — *B. rutilans* (Trent.) Grun. var. *Dillwynii* (Ag.) Grun.: Kützing II, Taf. 23, II, 2abc. Lüders I, 59.

Brebissonia Grun. — *B. Boeckii* (Kütz.) Grun.: Hauptfleisch I, 3—5.

Cocconeis Ehrenb. — *C. Pediculus* Ehrenb.: Pfitzer II, 87. (Mit Conjugation?) Vergl. Typus I und IV.

Cocconema s. *Cymbella*.

Colletonema Bréb. — *C. lacustre* (Ag.) Kütz. (*C. subcohaerens* Thwait.): Thwaites II, 344; III, 170, Taf. 11, G. Smith II, Taf. E, 353.

Cymbella Ag. — *C. affinis* Kütz.: Borščow I, 108, Taf. B, 3. — *C. Cistula* (Hempr.) Kirchn. (*Cocconema Cist.* Hempr.): Thwaites II, 343, Taf. 22, E. Smith II, Taf. C, 221. Lüders I, 57—58. Schmitz I, 121; II, 4. Borščow I, 104—108, Taf. B, 1a—c. Nach Lüders und Borščow soll hier Copulation eintreten, Schmitz bestreitet letztere auf das Bestimmteste. Auch nach Petit I findet keine Copulation statt. — *C. cymbiformis* (Kütz.) Bréb.: Archer IV, 422. Var. *parva* (W. Smith) v. H. (*Cocconema parvum* W. Smith): Smith II, Bd. II, p. X. — *C. gastroides* Kütz.: Schmitz II, 5. Hallier I. — *C. lanceolata* (Ehrenb.) Kirchn.: Thwaites I, 11; II, 343, Taf. 22, C. Smith II, Taf. C, 219. Schumann I, 173.

Doryphora s. *Raphoneis*.

Encyonema Kütz. — *E. caespitosum* Kütz. var. *Pediculus* (Ehrenb.) Brun (*Cymbella Pediculus* Kütz. nach De Toni): Carter I, 2—3, Taf. I, 13—20. — *E. prostratum* (Berk.) Ralfs: Smith II, Taf. E, 345. Schmitz II, 5.

Frustulia Ag. — *Fr. laevissima* (Kütz.): Carter? cfr. Pfitzer II, 69. — *Fr. rhomboides* (Ehrenb.) De Toni: Carter II, 165, Taf. IV, 11—16. Var. *saxonica* (Rabenh.) De Toni (*Navicula crassinervia* Bréb.): Pfitzer II, 69, Taf. III, 5—9; IV, 4—8. Petit I.

Gomphonema Ag. (s. auch *Rhoicosphenia*). — *G. dichotomum* Kütz.: Smith II, Taf. C, 240. Eine ähnliche Species: Thwaites I, 10; II, 343, Taf. 22, D. — *G. longiceps* Ehrenb. (*G. Mustela* Ehrenb.): Schmidt I, Taf. 72. — *G. olivaceum* (Lyngb.)

Kütz.: Smith II, Taf. D, 244. Pfitzer II, 163. Schmitz II, 5. Var. *vulgare* (Kütz.) Grun. (*Sphenella vulgaris* Kütz.): ? Thwaites VII. Schumann I, 173. — *G. tenellum* W. Smith (*G. parvulum* Kütz.?): Smith II, Bd. II, p. X.

Hantzschia Grun. — *H. amphioxys* (Ehrenb.): Schumann I, 173.

Libellus Cleve. — *L. Grevillei* (Ag.) Cleve: Lüders I, 59. Pfitzer II, 74. Vergl. Typus I.

Mastogloia Thwait. — *M. Dansei* Thwait. ist wahrscheinlich irrthümlich in die Listen derjenigen Bacillariaceen gelangt, bei denen Auxosporen beobachtet sind. Thwaites (III, 171 bis 172), der als Autor citirt wird, erwähnt keine Auxosporen. Lüders (I, 57) nennt allerdings die Gattung unter denjenigen, bei welchen (von der Verfasserin selbst?) Auxosporen beobachtet seien, macht aber weiter gar keine Andeutungen.

Meridion Ag. — *M. circulare* (Grev.) Ag.: Lüders I, 57 und 67, ohne nähere Angaben.

Navicula Bory (s. auch *Frustulia* und *Hantzschia*). — *N. ambigua* Ehrenb.: Schumann V, 716 „im Zonenkleide gesehen". Pfitzer II, 62 (bezeichnet die Form als *N. cuspidata* Kütz. *β ambigua* Ehrenb.). — *N. amphisbaena* Bory: Druce I, 22 (Auxosporen??). — *N. Brebissonii* Kütz. (*Pinnularia Bréb.* Rabenh., *P. stauroneiformis* W. Smith): Schumann V, 716 („im Zonenkleide"). — *N. elliptica* Kütz.: Pfitzer II, 65 (Typus IV?). Miquel II. — *N. firma* Kütz. (*Neidium* Pfitzer): De Bary II, 62. — *N. gibba* (Ehrenb.) Kütz. (*Pinnularia g.* Ehrenb.): Carter II, 165—166, Taf. IV, 17—21. Schumann III, 68. — *N. gibberula* Kütz.: Schumann III, 58. — *N.* [*Pinnularia hemiptera* (Kütz.) W. Smith in Pfitzer]: Pfitzer II, 67, Taf. IV, 2—3. Barker I, 105. — *N. Iridis* Ehrenb. var. *amphirhynchus* (Ehrenb.) De Toni [*Neidium amphirhynchum* Pfitzer]: Griffith I, 92—94, Taf. II, B; III, 75 (?). — *N. limosa* Kütz. (*Neidium* Pfitzer): Schumann V, 716 („im Zonenkleide"). — *N. serians* (Bréb.) Kütz.: Carter II, 163, Taf. IV, 1—10 (Fig. 1, construirt, ist offenbar falsch). Archer III, 86. — *N. stauroptera* Grun. *(Pinnularia)*: Schumann V, 713; *β parva* (ohne Autor): Schumann III, 58 („im Zonenkleide"). — *N. viridis* (Nitzsch.) Kütz. *(Pinnularia)*: Schumann V, 716 („im Zonenkleide").

Neidium s. *Navicula.*

Nitzschia Hass. — *N.* spec.?: Schumann V, 716 („im Zonenkleide"). — *N. palea* (Kütz.) W. Smith: Miquel I. Typus?

Pinnularia s. *Navicula.*

Raphoneis Ehrenb. (*Doryphora* Kütz.): Lüders I, 57 erwähnt die Gattung ohne nähere Angaben.

Rhoicosphenia Grun. — *Rh. curvata* (Kütz.) Grun. (*Gomphonema curv.* Kütz., *G. minutissimum* Ehrenb.): Thwaites I, 11; II, 343, Taf. 22, B. Smith II, Taf. C, 245. Schmitz II, 5. Var. *marina* (W. Smith) Rabenh. (*Gomph. mar.* W. Smith): Smith II, Taf. D, 246. Lüders I, 58.

Schizonema s. *Libellus.*

Sphenella s. *Gomphonema.*

Stauroneis Ehrenb. — *St. Phoenicenteron* (Nitzsch) Ehrenb: Schumann V, 716 („im Zonenkleide"). Archer I, II, V.

IV. Typus (zwei Mutterzellen bilden eine Auxospore durch Conjugation).

Achnanthes Bory. — *A. brevipes* Ag. und *A. longipes* Ag.: Reinhardt II. Die Vorgänge sollen deutlich sexuell sein (?). Vergl. Typus I und III.

Cocconeis Ehrenb. — *C. Pediculus* Ehrenb. (*C. communis* Heib.): Carter I, 2, Taf. I, 1—12 (aus der durch Copulation entstehenden Zygote werden zwei Auxosporen gebildet??). Lüders I, 59. Borščow I, 97, Taf. B, 5. Reinhardt II will an Hunderten von Individuen stets Copulation gesehen, auch die Verschmelzung der Zellkerne beobachtet haben. Vergl. Typus I und III.

Cymatopleura W. Smith. — *C. Solea* (Bréb.) W. Smith: Pfitzer II, 119.

Eunotia Ehrenb. — *E. pectinalis* (Dillw.?) Rabenh. (*Himantidium pect.* Kütz.): Thwaites II, 343, Taf. 22, A. Smith II, Taf. D, 280.

Himantidium s. *Eunotia.*

Navicula Bory. — *N. elliptica* Kütz.: Pfitzer II, 65. Gehört wahrscheinlich nicht hierher, die Beobachtung von Pfitzer ist unvollständig, s. Typus III.

Orthoneis Grun. — *O. binotata* Grun.: Buffham II (?).

Suriraya Turp. — *S. splendida* (Ehrenb.) Kütz.: Focke I, Taf. V, 19—22, sah *S. splendida* in Conjugation und glaubt, dass *S. biseriata* (Ehrenb.) Bréb. (*S. bifrons* Ehrenb.) dabei gebildet werde. — *S. calcarata* Pfitzer: Pfitzer II, 117—119.

V. Typus (die Tochterzellen zweier Mutterzellen bilden durch Conjugation zwei Auxosporen).

Amphora Ehrenb. — *A. ovalis* (Bréb.) Kütz.: Carter I, 3, Taf. I, 21—32. Borščow I, 111—117, Taf. B, 2a—g. Var. *Pediculus* Kütz. (*A. minutissima* W. Smith): Schumann I, 173.

Epithemia Kütz. (*Cystopleura* Bréb.). — *E. Argus* (Ehrenb.) Kütz.: Schumann I, 173. Var. *Goeppertiana* (Hilse) (*Ep. Goepp.* Hilse): Itzigsohn I. — *E. Sorex* Kütz.: Smith II, Taf. A, 9. — *E. turgida* (Ehrenb.) Kütz.: Thwaites I, 9, Taf. IV. Smith II, Taf. A, 2. Lüders I, 58. — *E. Zebra* (Ehrenb.) Kütz.: Thwaites II, 344. Lüders I, 58. Schmitz II, 6.

Rhopalodia O. Müller (*Epithemia*). — *Rh. gibba* (Ehrenb.) O. Müller: Thwaites II, 343, Taf. 22, F. Smith II, Taf. A, 13. Pfitzer II, 84. — *Rh. ventricosa* (Ehrenb.) O. Müller [*Epith. gibba* var. *ventricosa* (Ehrenb.) Grun.]: Smith II, Taf. A, 14.

Ursprung und Behandlung des Materials.

Das Material zu den nachfolgenden Untersuchungen verdanke ich dem Aufenthalte in der Biologischen Station zu Plön, der mir im Sommer 1894 durch eine Unterstützung der Kgl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin ermöglicht wurde. Allerdings stammt das Material nicht aus dem Plöner See selbst, sondern aus dem Verbindungskanal zwischen dem Höft-See, einer Bucht des Behler Sees, und dem grossen Madebröken-See. Von hier hatte Herr E. Lemmermann Anfang August etwas Gallerte von *Schizochlamys gelatinosa* A. Br. mitgebracht, in der sich bei

der Untersuchung mehrere Auxosporen von *Rhopalodia gibba* fanden. Herr Lemmermann hat dieses Vorkommen in seiner Liste der Plöner Algen bereits erwähnt (p. 45). In Folge dieser Beobachtung begab ich mich an den Fundort, sammelte von der *Schizochlamys*-Gallerte, soviel ich erhalten konnte, fixirte das gefundene Material und hob es in Alkohol auf. Die Verarbeitung, die ich erst ein Jahr später vornehmen konnte, hat meine Erwartungen nicht enttäuscht. Zwar war die Durchsuchung recht mühsam, aber sie erwies sich doch als lohnend. Wenn auch grosse Quantitäten der Gallerte keine einzige oder nur wenige Auxosporen enthielten, so fanden sich doch auch mitunter zahlreiche in einem Pröbchen unter dem Deckglase beisammen; ich habe bis gegen 20 gezählt. Im Ganzen wurden gegen 300 Fälle untersucht. Es waren die verschiedensten Entwickelungsstadien vorhanden, und das Freipräpariren ging verhältnissmässig leicht von Statten. Am günstigsten erwies sich eine kleine mit Jod fixirte Probe. Die Untersuchung fand in folgender Weise statt. Das mit Hämatoxylin gefärbte und später mit Glycerin durchtränkte *Schizochlamys*-Material wurde in kleinen Pröbchen unter dem Deckglase zerdrückt und dann durchsucht; waren Auxosporen darin, so wurden diese nach Entfernen des Deckglases mit Hilfe möglichst dünn geschliffener Nadeln, Capillarröhrchen, dünner Igelborsten etc. herauspräparirt, alles unter Anwendung eines schwachen Objectivs (Seibert I). Dann wurden dieselben auf einen mit Gummi arabicum bestrichenen Objectträger gebracht, in der durch das anhaftende Glycerin erweichten Gummimasse in die geeignete Lage gebracht, in dieser durch kurzes Uebergiessen mit Alkohol befestigt und dann nach successiver Behandlung mit Phenol, Kreosot und Xylol in Canadabalsam eingeschlossen oder auch direct aus Alkohol in Xylol und dann in Balsam gebracht. Das Gummi, das sich beim Zusatze des Alkohols trübt, wird schon bei dem Zusatze von Phenol oder Xylol wieder vollkommen aufgehellt. Vielfach war es nöthig, die frei präparirten Zellen vor dem Festkleben auf dem Objectträger nachzufärben, oder sie zur besseren Differenzirung der Färbung kurze Zeit mit Chlorwasserstoffdämpfen und dann mit Ammoniak zu behandeln.

Bau der Zellhaut.

Bevor ich auf die Vorgänge bei der Auxosporenbildung der *Rhopalodia gibba* selbst näher eingehe, scheint es mir wünschenswerth, einen Blick auf die Beschaffenheit der Kieselpanzer zu werfen. Um ein klares Bild von dem Bau derselben zu erhalten, ist es nöthig, in erster Linie den Transapicalschnitt[1]) der Panzer zu berücksichtigen. Es gelingt durch Einbetten in Paraffin, Schnitte in dieser Ebene herzustellen; entsprechende optische Durchschnitte erhält man auch, wenn man die Zellen in senkrecht aufgerichteter Stellung auf dem Objectträger, etwa mit Leim, befestigt und sie dann in Balsam untersucht. Die auf diese Weise erhaltenen Durchschnitte (Fig. 21, 25 u. 26, Taf. X) haben annähernd die Gestalt eines Kreisringsectors, dessen Bogen 90° oder etwas mehr beträgt, und dessen grösserer Radius etwa doppelt so gross ist als der kleinere, falls der Schnitt in der Nähe der Zellenenden geführt ist, und noch etwas grösser, falls er durch die Mitte geht. Denkt man sich die Wand einer dickwandigen cylindrischen Röhre durch zwei senkrecht aufeinander stehende Achsenschnitte in vier Quadranten zerlegt, so würde einer dieser Quadranten etwa der Grundgestalt der Zelle entsprechen. Im Folgenden soll die convexe Seite dieser Grundgestalt als dorsale, die concave als ventrale Seite der Zelle bezeichnet werden. Von den Begrenzungsflächen der Grundgestalt gehören die beiden Achsenschnittebenen, sowie die unmittelbar daran schliessenden Theile der beiden Cylindermantelflächen den Schalen (Valvae) an, und zwar von der ventralen (concaven) Mantelfläche nur ein sehr schmaler Streifen, von der dorsalen dagegen ein breiterer, der dem Achsenschnitte etwa zu $^3/_4$ an Breite gleichkommt. Im Anschlusse an die obige Bezeichnung

---

1) Bei der folgenden Darstellung schliesse ich mich thunlichst der von O. Müller (IX, p. 223—229; X, p. 69) vorgeschlagenen Terminologie an, nur gebrauche ich statt *valva*, *copula*, *pleura* die bekannten deutschen Ausdrücke und nenne die ganze Kieselmembran (*theca*, Müller) Panzer, die beiden Hälften derselben (*epitheca* und *hypotheca*, Müller), deren Unterscheidung für meine Zwecke nicht nöthig ist, Panzerhälften. Der oben erwähnte Transapicalschnitt ist scheinbar ein Querschnitt, nach der Müller'schen Bezeichnungsweise aber ein Längsschnitt.

wird man den auf der convexen Seite liegenden Schalentheil zweckmässig den dorsalen Theil, den Achsenschnitt und den schmalen auf der concaven Seite liegenden Theil dagegen den ventralen Theil der Schale nennen. Der Rest der beiden Cylindermantelflächen setzt sich aus zwei Zwischenbändern und wahrscheinlich nur einem Gürtelbande zusammen. Der Nachweis, dass diese Gebilde getrennt nebeneinander vorhanden sind, ist mit Schwierigkeiten verknüpft. Die gefärbten Balsampräparate gaben keinen völlig genügenden Aufschluss. Geeigneter erwies sich Material, das mit Salpetersäure und Kaliumchlorat gekocht war und später theils trocken, theils in Styrax oder in Monobromnaphthalin untersucht wurde. Neben vollständigen Panzerhälften findet man darin solche, an denen sich das Gürtelband ganz oder theilweise (Fig. 27 und 28, Taf. X) vom Zwischenbande abgelöst hat, sowie auch ganz abgelöste Gürtelbänder. Zwischenband und Gürtelband sind beide an der convexen Seite breiter als an der concaven; das Zwischenband ist überhaupt breiter als das Gürtelband, namentlich an der concaven Seite. Selbst in den genannten stark lichtbrechenden Medien macht übrigens die genaue Feststellung der Gestalt dieser Bänder allerhand Schwierigkeiten.

Von der cylindrisch rinnenförmigen Grundgestalt, die oben besprochen wurde, weicht die wahre Gestalt der Zellen in mehrfacher Beziehung ab. (Vergl. die Abbildungen.) Erstens sind die Zellen an den Enden nicht gerade abgestutzt, sondern unter gelinder Verbreiterung abgerundet; die convexe Gürtelbandseite und der daran schliessende dorsale Schalentheil biegen sich hakenförmig nach der concaven Seite um und darüber hinaus und vereinigen sich dann mit der letzteren, die zuvor auch eine gelinde Krümmung in demselben Sinne macht, wie die convexe. Zweitens sind die Zellen in der Mitte verbreitert, indem der Radius der convexen Fläche in der Mitte etwas grösser ist und von da nach den Enden zu allmählich abnimmt. Durch diese Abweichungen von der Grundgestalt erhält die ventrale Seite der Schale (die Hauptseite) ihre zierlich geschwungene buckeligklammerförmige (⏞) Gestalt; ebenso erhalten die Umrisslinien des ganzen Panzers, und zwar je nach der Lage desselben auf einer (Fig. 10 etc., Taf. X) oder auf beiden Seiten (Fig. 6, 17,

Taf. X), diese klammerförmige Gestalt. Die dritte Abweichung besteht darin, dass der Flächenwinkel, den die ventrale Seite der Schale mit der dorsalen bildet, etwas spitzer ausgezogen ist, als der Grundgestalt entsprechen würde, und dass die dorsale Seite im Transapicalschnitte eine wellenförmige Krümmung zeigt (Fig. 25, Taf. X). Auf der dem erwähnten Winkel entsprechenden kielförmigen Kante (Fig. 1 links, Taf. X) verläuft die Raphe[1]); man erkennt leicht einen Mittelknoten (Fig. 1, 10, Taf. X) und bei geeigneter Lage des Panzers zwei deutliche Endknoten (Fig. 23, Taf. X).

Ueber die feineren Sculpturen der Panzer ist das Folgende zu bemerken. Die gesammte Schale ist zierlich quergestreift (d. h. in der Richtung senkrecht zur Apicalachse); es finden sich etwa 7 Riefen auf 10 μ. Zwischen den Querrippen ist bei starker Vergrösserung und schiefer Beleuchtung eine feine Strichelung nachweisbar, die parallel zur Apicalachse verläuft. Die Zwischenbänder und das Gürtelband zeigen nur sehr wenig Sculptur. Auf dem dorsalen Zwischenbandtheile sind zwei etwas von einander entfernte Punktreihen nachweisbar (Fig. 27, auch 10, 12 etc., Taf. X), von denen die eine der Grenze der Schale ziemlich nahe liegt; die ventrale Zwischenbandseite hat nur eine solche Punktreihe (Fig. 28, Taf. X). Ausserdem scheint an dem Rande, der an die Schale grenzt, eine Reihe von zackigen Höckern vorhanden zu sein; der Abstand derselben von einander entspricht dem der Rippen der Schale. Vielleicht dienen diese Höcker zur Verankerung des Zwischenbandes an der Schale, doch vermag ich Sicheres darüber nicht anzugeben. Am Gürtelbande ist eine feine Punktreihe an demjenigen Rande der dorsalen Seite vorhanden, der an das Zwischenband grenzt (Fig. 27, Taf. X). Im Uebrigen konnte ich an den durch Mazeration mit Salpetersäure und chlorsaurem Kali abgelösten Gürtelbändern keine Structur auffinden. Dagegen wurde an den in Canadabalsam liegenden conjugirenden Paaren, wenn dieselben dem Beobachter ihre

---

1) O. Müller (X, p. 54) ist zu der Ueberzeugung gelangt, dass die Pseudoraphe des Genus *Epithemia*, wenigstens mehrerer Arten desselben, zu denen er *E. gibba* rechnet, mit grosser Wahrscheinlichkeit als echte Raphe gelten muss. Im Folgenden werden mehrere Beobachtungen mitgetheilt, die auch für diese Ansicht sprechen.

Gürtelbandseite zukehren, bei sehr schiefer Beleuchtung mit sehr hellem Lichte eine feine Querstreifung am Gürtelbande nachweisbar (Fig. 6, Taf. X), und da an jeder Zelle nur ein solcher quergestreifter Theil sich zeigte, so schliesse ich, dass die conjugirenden Zellen, und daher wahrscheinlich die vegetativen, sich nicht theilenden Zellen überhaupt, nur ein Gürtelband besitzen.

Für die richtige Deutung der Sculpturen der Schale ist das Aussehen lufterfüllter, in Balsam liegender Panzer beachtenswerth. Solche Objecte entstehen mitunter zufällig, wenn eine Zelle bei der Präparation eintrocknet und hernach von dem Einschlussmedium nicht durchdrungen wird. Es leuchtet ein, dass die Lufteinschlüsse sich der inneren Wandfläche der Zellen genau anschliessen. Ist die Zellwand innen glatt, so muss auch die Oberfläche der Luftblase glatt sein, und es wird an derselben nichts Besonderes wahrnehmbar sein. Dringen aber Theile der Wand, z. B. Rippen, nach innen vor, so muss die Structur der Wandfläche durch den Unterschied im Lichtbrechungsvermögen zwischen den vorspringenden Wandtheilen und der zwischen dieselben eindringenden Luft besonders stark hervortreten. Das letztere ist in der That der Fall. Sind die Zellen nicht ganz mit Luft gefüllt, so kann man ferner beobachten, dass sich nach der Kielseite der Schale zu theilweise von der Hauptluftmasse abgesonderte Bläschen bilden, die in ihrer Anzahl den auf derselben Strecke vorhandenen Rippen (7 auf 10 μ) genau entsprechen und die Beziehung zu denselben gewöhnlich auch unmittelbar deutlich verfolgen lassen. Meines Erachtens folgt hieraus mit völliger Sicherheit, dass die Zeichnung der Schalen von *Rhopalodia gibba* auf einer Structur der Innenseite der Zellwand beruht. Uebrigens haben sich bereits Pritchard (I, 759) und Pfitzer (II, 84) in demselben Sinne ausgesprochen, während bei zahlreichen anderen Bacillariaceen die Zeichnung der Zellwand auf centrifugalen Wandverdickungen beruhen soll (Pfitzer III, 415—420).

In Folge der eigenthümlichen Gestalt der Panzer sieht man die einzelnen Zellen gewöhnlich von einer der Gürtelbandseiten. Das Bild, das man so erhält, wird durch zwei der Apicalachse parallele Linien in drei Theile getheilt; der mittlere Theil, der

von den Zwischenbändern und dem Gürtelbande gebildet wird, ist bis auf die Punktreihen glatt, die beiden äusseren Theile, die der Schale angehören, und zwar je nach Lage und Einstellung dem dorsalen oder dem ventralen Theile, sind quergestreift. (Vergl. die Abbildungen bei Müller X, sowie meine Fig. 22 und 24, Taf. X.) Die geschwungene Begrenzung der Schalen wird durch die Raphen gebildet. Wenn die Zellen sich theilen, verläuft die Theilungslinie, der optische Querschnitt der Theilungsebene, der Länge nach durch den glatten Theil. Angenommen, man betrachte die sich theilende Zelle von der convexen Seite (Fig. 24, Taf. X), so sieht man bei hoher Einstellung links und rechts von der Theilungslinie die an den Riefen kenntlichen dorsalen Seiten der neuen Schalen, darunter bei etwas tieferer Einstellung die ventralen Seiten derselben im optischen Querschnitte; noch tiefer erscheinen ganz seitlich die optischen Querschnitte der dorsalen Seiten der alten Schalen und bei ganz tiefer Einstellung die ventralen Seiten derselben, beide gleichzeitig in der Flächenansicht. Die veränderte Lage der Schalen ist die Folge des Umstandes, dass sich bei der Zelltheilung die Panzerhälften nach und nach so weit wie möglich auseinander ziehen; der Transapicalschnitt des Panzers (Fig. 26, Taf. X) ist in diesem Zustande nahezu ein voller Halbkreisring und die ventralen Seiten der Schalen fallen annähernd in dieselbe Ebene.

An den auxosporenbildenden Zellenpaaren kommen mehrere verschiedene Lagen der Panzer, bezüglich an den vorgeschritteneren Stadien der Panzerhälften, zur Anschauung. Dieselben lassen sich nach der Lage der Mikroskopachse zur Panzerhälfte genauer bezeichnen[1]). Naturgemäss steht die Mikroskopachse, falls die Zellen nicht künstlich aufgerichtet sind, stets senkrecht zur Apicalachse. Die wichtigsten Lagen sind folgende: 1. Die Mikroskopachse hat etwa die Richtung des Radius, der die Gürtelbänder am offenen Ende verbindet. 2. Sie hat annähernd die Richtung des Radius, der die Mitten der convexen und der concaven Seite der Panzerhälfte verbindet. 3. Sie hat die Richtung des Radius, der in die Ebene der ventralen Seite der

1) Man vergleiche die weiter unten folgende Beschreibung der Aneinanderlagerung der conjugirenden Zellen.

Schale fällt. 4. Sie hat die Richtung derjenigen geraden Linie, welche die beiden Mittelknoten verbindet. (In den Fig. 21, 25 und 26, Taf. X, sind diese Richtungen mit den Nummern 1—4 bezeichnet.)

Die erste Lage (Gürtelbandlage, Fig. 6, Taf. X) trifft man besonders an den jüngeren Zuständen der auxosporenbildenden Paare an, wenn die Panzerhälften noch vereinigt, aber so weit wie möglich auseinander geschoben sind; dieselben nehmen diese Lage leicht an, weil ihre Ausdehnung in der Richtung der Pervalvarachse meist etwas grösser ist, als in der Richtung der Transapicalachse. Die Mikroskopachse fällt dann mit der Richtung der späteren Apicalachse der Auxosporen zusammen. Die beiden Mutterzellen liegen übereinander. Man sieht die Ventralseite der Schale der oberen Zelle von der Fläche, aber nur bei tieferer Einstellung; über der klammerförmig gebogenen Kiellinie erkennt man bei höherer Einstellung den optischen Querschnitt der Dorsalseite der Schale, und daran schliesst sich bei hoher Einstellung zunächst das Zwischenband und dann das Gürtelband. Von Unregelmässigkeiten abgesehen erscheinen, wenn man tief einstellt, die Panzerhälften der unteren Zelle etwa wie Spiegelbilder derer der oberen.

In der zweiten Lage, die der gewöhnlichen Lage der Einzelzellen entspricht, erscheinen die Panzerhälften an den vorgeschrittenen Stadien, wenn man diese von ihrer Hauptseite betrachtet, also wenn die Mikroskopachse sowohl zu den Apicalachsen der Mutterzellen wie zu denen der Auxosporen senkrecht steht, und wenn die Panzerhälften zugleich durch den Druck des Deckglases etwas stärker als normal an die Gallerte der Auxosporen angedrückt sind (Fig. 17, Taf. X). Man sieht die ganze convexe Gürtelbandseite, mit Einschluss der Dorsalseite der Schale, von der Fläche, beiderseits durch eine klammerförmige Linie, und zwar an der Seite, wo die durch ihre Riefen kenntliche Schale liegt, durch den Kiel begrenzt. Auf dem glatten Theile erscheinen die früher schon erwähnten Punktreihen der Zwischenbänder. Tiefere Einstellung zeigt die Ventralseite der Schale und die concave Gürtelbandseite.

In der dritten Lage (Fig. 10, 12 etc., Taf. X) sieht man bei hoher Einstellung die geriefte Dorsalseite der Schale, die

ich habe mitunter nur eines, gewöhnlich zwei, selten drei (Fig. 20, Taf. X) oder vier dieser Gebilde in einer Zelle gefunden. Ihre Vermehrung findet unabhängig von der Zelltheilung statt, wie schon Pfitzer andeutet, bald früher, bald später; in den sich theilenden Zellen sind jedoch stets mindestens zwei der Körper vorhanden, die bei der Theilung auf die beiden Tochterzellen vertheilt werden. Bemerkenswerth ist, dass sie stets in der Nähe des Zellkerns liegen, denselben umschliessend, wenn zwei oder drei vorhanden sind; doch sind nähere Beziehungen derselben zu den Zellkernen, insbesondere zur Kerntheilung, nicht nachweisbar. Dagegen dürften Beziehungen zu den Chromatophoren vorhanden sein; wenigstens steht ihre Umhüllung, die in den gefärbten Präparaten durch einen hellen Saum von ihnen getrennt ist, stets mit den Chromatophoren in Verbindung, nicht selten werden sie theilweise von den Chromatophoren umschlossen.

In ihrem gesammten Verhalten zeigen diese Körper eine Reihe von Uebereinstimmungen mit den Pyrenoiden der Chlorophyceen. Nur darin unterscheiden sie sich von denselben, soweit man nach der bisherigen Untersuchung das zu behaupten berechtigt ist, dass sie nicht vollständig innerhalb der Chromatophoren liegen. Wie schon eben angedeutet, liegen sie gewöhnlich nur in einer Ausbuchtung der Chromatophoren, und es erscheint mir zweifelhaft, ob der feine plasmatische Saum, der sie umschliesst und der allerdings mit dem Chromatophor in Verbindung steht, im Leben mit dem gelbbraunen Farbstoffe durchtränkt ist. Mitunter stehen sie in noch geringerer Verbindung mit den Chromatophoren, als hier angedeutet ist.

Die Frage, ob bei den Bacillariaceen ausserhalb der Chromatophoren liegende Pyrenoide vorkommen, ist schon einmal in der botanischen Literatur erörtert worden. Nachdem Schmitz (III, p. 37 ff.) bei einer Anzahl mariner Bacillariaceen (*Achnanthes, Licmophora, Striatella*) das Vorhandensein von Pyrenoiden nachgewiesen, ihr Vorkommen bei den Süsswasserformen zweifelhaft gelassen hatte, hob Pfitzer (IV, p. 47) hervor, dass er bereits 1872 bei einigen Cymbelleen und Gomphonemeen „bestimmt geformte Massen dichteren Plasmas“ beschrieben und abgebildet habe, die mit den Pyrenoiden identisch seien. Schmitz (IV,

p. 114—129) hat dann die Gattungen *Frustulia, Colletonema, Cymbella, Encyonema, Brebissonia, Anomoeoneis* und *Gomphonema* nochmals untersucht und festgestellt, dass die von Pfitzer erwähnten Plasmamassen zumeist mit den Pyrenoiden der betreffenden Species gar nichts zu thun haben, zum Theil denselben in der That entsprechen, dann aber nicht, wie Pfitzer angegeben hatte, zwischen Zellwand und Endochromplatte liegen, sondern im Innern der Chromatophoren eingeschlossen sind (p. 116). Die Gattung *Epithemia (Rhopalodia)* hat Schmitz nicht untersucht. Lauterborn (I, p. 11) fand Pyrenoide bei *Surirella calcarata* und bestätigt ihr Vorkommen bei *Frustulia* und *Cymbella*. S. auch Müller (III).

Man kann hiernach daran zweifeln, ob es berechtigt sei, die Pfitzer'schen „sphäroidischen Körper" als Pyrenoide zu bezeichnen. Um jedoch nicht einen neuen Namen zu schaffen für Gebilde, die den Pyrenoiden mindestens ausserordentlich ähnlich sind, und die immerhin eine ähnliche Function haben könnten wie die Pyrenoide, über deren Bedeutung für das Leben der Zelle wir übrigens auch noch recht wenig wissen, will ich sie im Folgenden kurz als **Pyrenoide** bezeichnen. Genaueres über ihr Verhältniss zu zweifellosen Pyrenoiden und ihr etwaiges Vorkommen bei noch anderen Gattungen mag durch künftige vergleichende Untersuchungen festgestellt werden.

Stadien der Zelltheilung kommen sehr häufig zur Beobachtung. Die dabei an den Panzern vor sich gehenden Veränderungen sind oben bereits besprochen worden. So häufig aber sich theilende Zellen gesehen wurden, so selten wurden **Kerntheilungen** bemerkt. Dies erscheint nicht wunderbar, wenn man bedenkt, wie mühsam diese kleinen Objecte zu präpariren sind, und dass das Erkennen der Karyokinesen nur an völlig aufgehellten Objecten und mittels starker Vergrösserung möglich ist. Bisher habe ich nur ein einziges deutliches Kerntheilungsstadium gefunden, das jedoch immerhin geeignet ist, einige vorläufige Aufschlüsse über die hier in Betracht kommenden Verhältnisse zu geben (Fig. 29 u. 30, Taf. X). Der Zustand des Kernes entsprach dem Dyasterstadium. Die beiden Tochterkerne, die sich in der Richtung der Pervalvarachse bereits ziemlich weit von einander entfernt hatten, waren noch durch einen

matt gefärbten Strang, offenbar den Ueberrest der Centralspindel, miteinander verbunden (Fig. 29, Taf. X). Die Chromosomen zeigten die Gestalt von Körnern, ihre Anzahl schien in der Gürtelbandlage, in der ich die Zelle zuerst untersuchte, eine sehr beschränkte zu sein, da man nur 3—4 mit Sicherheit unterscheiden konnte. Um mehr über die Zahl derselben zu erfahren, öffnete ich das Präparat wieder und suchte das Object in eine solche Lage zu bringen, dass die Pervalvarachse mit der Mikroskopachse zusammenfiel. Dabei trennten sich die beiden Panzerhälften; aber jede enthielt einen Tochterkern. Es gelang den einen in die gewünschte Lage zu bringen, während der andere wenigstens eine andere Lage annahm, als die frühere war. An dem ersten der beiden Tochterkerne (Fig. 30*a*, Taf. X), der sich nunmehr vom Pole der Kernspindel aus der Beobachtung darbot, zeigten sich jetzt die Chromosomen in Gestalt eines fünfeckigen Kranzes angeordnet, und es waren die fünf an den Ecken liegenden Chromosomen ziemlich deutlich zu unterscheiden. An dem anderen Tochterkern (Fig. 30*b*, Taf. X) waren sechs Chromosomen von einander zu unterscheiden. In beiden Kernen waren aber zweifellos ausser diesen unterscheidbaren noch weitere Chromosomen vorhanden, die von den unterscheidbaren verdeckt wurden. Ich halte es, namentlich wegen der später mitzutheilenden Thatsachen, nicht für unmöglich, dass die Zahl acht beträgt, doch war selbst mit Hilfe des Zeiss'schen Apochromats 2 mm, Apertur 1,30 nichts Sicheres festzustellen, theils weil das Object so klein ist (Durchmesser des Kranzes ca. 3 μ), theils weil die Chromosomen zu nahe beieinander lagen.

Ich habe den Eindruck gewonnen, als ob sich die Chromosomen unter den stärksten Linsen bei gewissen Einstellungen in noch feinere Punkte auflösen, und ich finde eine mögliche Erklärung dieser Erscheinung in der Annahme, dass die als Körner erscheinenden Chromosomen, vielleicht nur andeutungsweise, die V-förmige Gestalt haben, die man während der Anaphasen an grösseren Kernen sehr gewöhnlich beobachtet. Dass eine solche Gestalt vorhanden sei, konnte jedoch nicht festgestellt werden.

Ich habe auch den Versuch gemacht, ob es möglich sei, mit Hilfe der Photographie Genaueres zu ermitteln. Herr Dr. M. Schöpff, Assistent am chemischen Staatslaboratorium zu

Hamburg, hatte die Freundlichkeit, die Aufnahmen auszuführen. Es wurde der grosse Zeiss'sche Apparat benutzt, den der Director des Laboratoriums, Herr Prof. Dr. Dennstedt, zu diesem Zwecke bereitwillig zur Verfügung stellte.

Aufnahmen mit blauem Lichte, von denen ich mir ursprünglich am meisten versprach, hatten geringen Erfolg. Dagegen wurden mit dem Zettnow'schen Kupferchromfilter sehr befriedigende Resultate erzielt. Es gelang jedoch nicht, an den erzielten Bildern mehr zu sehen, als die directe Beobachtung mit dem Mikroskope ergeben hatte.

Die Zellkerne von *Rhopalodia gibba* können ihrer geringen Grösse wegen nicht zu den für Kernstudien günstigen Objecten gerechnet werden. Dennoch ist die verhältnissmässig geringe Zahl der Chromosomen anderen Objecten gegenüber ein günstiger Umstand, und es dürften immerhin noch einige Einzelheiten festzustellen sein, wenn es gelingt, eine grössere Zahl von Mitosen zu untersuchen.

Ueber den feineren Bau der Zellkerne der Bacillariaceen und deren Theilung liegen bisher nur die Untersuchungen von Bütschli und Lauterborn vor. Bütschli (I) fand bei *Suriraya calcarata* Pfitzer Centrosomen auf; Lauterborn (I, p. 12 ff.) bestätigt die Angaben Bütschli's auch für einige andere Arten und beschreibt die Karyokinese von *Suriraya*. Ich habe in den vegetativen Zellen nichts gesehen, was an die Centrosomen erinnert, und ebensowenig ist mir die eigenthümliche von Lauterborn beschriebene Anlage der Centralspindel begegnet. Dagegen wurden bei der Karyokinese einer Auxosporenmutterzelle Gebilde gefunden, die vermuthlich als Centrosomen zu deuten sind (s. unten). Uebrigens ist ja das Object so klein, dass man die Auffindung derartiger Einzelheiten nur unter besonders günstigen Umständen erwarten kann. Insofern findet sich eine Uebereinstimmung zwischen den Beobachtungen Lauterborn's und den meinigen, als in beiden Fällen die Chromosomen der Tochterkerne ringförmig angeordnet sind. Nach Lauterborn umschliesst der Ring das Ende der Centralspindel und schneidet davon das Centrosom ab (I, p. 18).

Da die Zellen innerhalb der ziemlich zähen Gallerte von *Schizochlamys* leben, so bleiben die Tochterzellen einer Mutter-

zelle nicht selten beieinander liegen. Mitunter findet man auch noch die vier Enkelzellen beisammen, die dann, da jede etwa ein Viertel eines Cylindermantels vorstellt, annähernd zu einem vollständigen Cylinder zusammenschliessen. Ob jede Tochterzelle sich sofort wieder theilt, oder ob in der Regel das Müller'sche Gesetz (I, II) befolgt wird, habe ich nicht ermittelt.

Die Aneinanderlagerung der conjugirenden Zellen.

Zum Zwecke der Auxosporenbildung legen sich bei *Rhopalodia gibba* bekanntlich zwei Zellen nebeneinander (Fig. 1, Taf. X). Oft sind dieselben von gleicher Grösse (Fig. 10), weit häufiger jedoch von ungleicher (Fig. 6, Taf. X), und nicht selten von so verschiedener, dass die eine Zelle mehr als $1^1/_2$ Mal so lang ist als die andere. Dieser Umstand erleichtert das Erkennen der ersten Stadien, die, falls beide Zellen von gleicher Grösse sind, ohne genauere Untersuchung leicht mit Zelltheilungen verwechselt werden können. Aus der meist etwas verschiedenen Grösse der Zellen folgt mit Sicherheit, dass sie von verschiedenem Ursprunge sind, also nicht in engerer verwandtschaftlicher Beziehung zu einander stehen. Ich hebe dieses hervor, weil De Bary in seinem Conjugatenwerke (I, p. 48) die Ansicht geäussert hat, dass bei den Desmidiaceen, die ja den Bacillariaceen in vielen Punkten ähneln, die conjugirenden Zellen meist Schwesterzellen oder Geschwisterkinder seien[1]). Man kann hieraus weiter schliessen, dass die Zellen einander aufsuchen, dass sie also mit Eigenbewegung begabt sein müssen. Dies stimmt mit der Angabe von O. Müller (X, p. 55) überein, dass *Rhopalodia gibba* aller Wahrscheinlichkeit nach eine echte Raphe besitze. (Vergl. hierzu Schütt IV, 566—567).

Die aneinander gelagerten Zellen kehren einander ihre concaven Seiten (Ventralseiten) zu (Fig. 25, Taf. X); Anfangs sind nur die ventralen, fast geraden Kanten der ventralen Schalenseiten einander genähert.

---

1) Vergl. übrigens die von De Bary abweichenden Angaben von Morren (I, p. 325 ff.) und Smith (I, p. 2—3) und meine Bemerkungen (Studien über Zygoten I, p. 440).

Nicht immer erfolgt die Aneinanderlagerung der Zellen in symmetrischer Weise. Häufig ist die eine Zelle mehr oder weniger nach dem einen Ende der andern zu verschoben. Geringere Unregelmässigkeiten dieser Art sind belanglos. Ist aber die Verschiebung eine zu grosse, so können Störungen in den später erfolgenden Conjugationserscheinungen dadurch hervorgerufen werden.

Zur Befestigung der Zellen aneinander dienen eigenthümliche **Gallertkappen,** die an den Enden der Zellen sitzen (Fig. 1, 22 und 23, Taf. X). Um Genaueres über den Bau dieser Kappen zu erfahren, ist es erforderlich, dieselben zu färben, was mit Hämatoxylin mitunter in sehr geeigneter Weise gelingt. Nur sind mir die näheren Bedingungen einer zweckmässigen Färbung derselben nicht recht klar geworden. Wenn man einzelne Zellen stark überfärbt, so werden auch die Kappen stark mitgefärbt. Versucht man nun eine Entfärbung mit angesäuertem Wasser oder mit Salzsäuredämpfen, so werden regelmässig die Kappen zuerst entfärbt. Behandelt man dagegen die stark überfärbte *Schizochlamys*-Gallerte, in welche die conjugirenden Paare stecken, im Ganzen mit angesäuertem Wasser, so findet man hernach nicht selten solche Paare, an denen durch zufällige Umstände der Zellinhalt stärker entfärbt ist als die Gallerte — oder vielleicht von vornherein nicht so stark gefärbt gewesen ist —, und diese sind dann zur Untersuchung geeignet.

Man erkennt an gefärbten Objecten, dass die Gallertkappen auf den Kielen sitzen, und zwar gerade da, wo die letzteren an den Zellenenden hakenförmig umbiegen. Jede Zelle hat also zunächst vier Kappen, je eine an jedem Ende jeder Panzerhälfte (Fig. 22, Taf. X). Treffen an einem conjugirenden Paare die Enden der Zellen einigermassen genau zusammen, so vereinigt sich jede der vier Kappen der einen Zelle mit der ihr benachbarten Kappe der anderen Zelle (Fig. 1 unten, Fig. 23, Taf. X). Haben die Zellen sehr verschiedene Länge, so bleiben die Kappen der längeren Zelle isolirt, die der kürzeren dagegen quellen nach dem benachbarten Schalentheile der anderen Zelle hinüber und schmiegen sich demselben an (Fig. 1 oben, Fig. 22, Taf. X). Es scheint, als wenn dabei meistens an der entsprechenden Stelle des Kieles dieser Schale eine eigene Gallertbildung auftritt, die

sich mit der Kappe der anderen Zelle vereinigt, aber zugleich auch durch einen dünnen Gallertstreifen längs des Kieles mit der benachbarten Kappe der eigenen Zelle in Verbindung steht. Wenn also zwei ungleich lange Zellen conjugiren, so findet man an der längeren Zelle an jedem Ende jedes Kieles in der Regel zwei mehr oder weniger von einander getrennte Gallertbildungen, im Ganzen also acht, vier freie und vier mit den Kappen der kürzeren Zelle verbundene, während die kürzere Zelle nur die oben beschriebenen vier Kappen hat.

Auch an Stadien mit ausgebildeten Auxosporen gelingt es bei geeigneter Färbung, die Kappen der entleerten Panzer noch nachzuweisen. Mitunter findet man sogar die Kappen benachbarter Panzerhälften noch in Verbindung (Fig. 23, Taf. X). Gewöhnlich werden allerdings an den älteren Zuständen die Panzerhälften von einander entfernt und die Verbindungen der Kappen zerrissen.

Noch einen Umstand möchte ich hervorheben, welcher dafür spricht, dass die Kappen wirklich der Befestigung der Zellen aneinander dienen. Es ereignet sich mitunter beim Präpariren, dass man die vereinigten jungen Paare wieder auseinander reisst. Dabei tritt gelegentlich der Fall ein, dass die Gallertverbindungen des einen Endes erhalten bleiben. Dann lassen sich die Zellen wie die Arme eines Zirkels gegen einander bewegen, ohne dass sie auseinander fallen.

Es erhebt sich die Frage, ob diese Gallertkappen nur an den conjugirenden Zellen auftreten. Ich kann dieselbe dahin beantworten, dass sie zwar an den conjugirenden Zellen eine bedeutende Mächtigkeit erreichen, aber auch an vegetativen Zellen nachweisbar sind, wenngleich nur als sehr schmale, auf die Zellenenden beschränkte Streifchen. Dass es sich bei dieser Beobachtung nicht um Zellen gehandelt hat, die im Begriffe standen zu conjugiren, beweist am besten der Umstand, dass ich sie auch an einer solchen Zelle gesehen habe, die sich im Theilungszustande befand und gerade die jungen Schalen angelegt hatte (Fig. 24, Taf. X).

Es ist von Interesse, das Vorstehende mit den Beobachtungen von Hauptfleisch (I, 3) zu vergleichen. Nach Hauptfleisch entstehen die Gallertstiele von *Brebissionia Boeckii* Grun.

aus zwei getrennten Hälften, die erst später verschmelzen. Die beiden Hälften entsprechen den beiden Schalen, an deren Enden sie ausgeschieden werden. Man könnte daher die Gallertstiele von *Brebissonia* als eine Weiterbildung der bei *Rhopalodia gibba* vorhandenen Kappen ansehen. Auch bei der Auxosporenbildung von *Brebissonia Boeckii* spielen die Gallertstiele eine Rolle; die kleineren „männlichen" Zellen lösen sich von ihrem Stiele, kriechen zu den festsitzenden „weiblichen" und setzen sich mit einem ganz kurzen Gallertstiele an deren Stiel an (p. 4).

Sehr bemerkenswerth sind auch die von Müller (XI, Fig. 23) neuerdings abgebildeten Gallertkappen an den Schalenenden von *Pinnularia viridis* Ehrenb., einer nicht festsitzenden Form. Dieselben sind den an den vegetativen Zellen von *Rhopalodia* vorkommenden unmittelbar vergleichbar und haben auch wohl ähnliche Functionen.

Es ist offenbar nicht ohne Grund, dass diese Gallertbildungen sich gerade an den Kielen finden, also da, wo nach O. Müller (X, 55) die Raphe verläuft, und dass sie an den Zellenenden, also in der Nähe der Endknoten, besonders stark entwickelt sind. Ich glaube, dass hier ein ursächlicher Zusammenhang besteht, etwa derart, dass die Gallertmasse durch die (bei *Rhopalodia gibba* mikroskopisch allerdings wohl nicht nachweisbaren) Durchbrechungen der Endknoten ausgeschieden oder auch von dem hier zu Tage tretenden Protoplasma abgesondert und längs der Raphe fortbewegt wird, oder dass sie vielleicht auch unmittelbar durch die Raphe ausgeschieden wird, falls diese einen durchgehenden Spalt vorstellt.

Der Nachweis derartiger, mit den Endknoten und der Raphe, wie es scheint, in enger Beziehung stehender Gallertbildungen legt es nahe, an die neuerdings von Bütschli (II) und Lauterborn (II) in Bezug auf die viel umstrittenen Bewegungserscheinungen der Bacillariaceen geäusserte Ansicht zu erinnern, wonach die Bewegung durch Gallertmassen und Gallertfäden, die aus den Knoten ausgestossen werden, bewirkt werden soll. Die Bewegung der Bacillariaceen würde danach der Bewegung der Desmidiaceen, die nach Klebs (I, p. 362, II, p. 382) auf der Ausscheidung von Gallertfäden beruht, nächst verwandt sein. Bekanntlich hält jedoch O. Müller (VII, VIII, XI, XII) trotz

der von Bütschli und Lauterborn geltend gemachten Gründe an der älteren, zuerst von Max Schultze ausgesprochenen Ansicht fest, dass Protoplasmaströme an der Aussenseite der Zelle längs der Raphe verlaufen und die Bewegung bewirken. Die von mir beobachteten Gallertbildungen können in keiner Weise für die Bütschli-Lauterborn'sche Ansicht verwerthet werden. Die Function der Gallertkappen ist eine ganz andere als die der Bütschli'schen Gallertfäden; erstere wirken festhaltend, vielleicht auch etwas anziehend, und werden wahrscheinlich langsam abgeschieden, letztere sollen abstossend wirken und müssten also mit ziemlich grosser Gewalt ausgestossen werden.

Nach den Abbildungen von Thwaites (II, Taf. 22) und Smith (II, Bd. II, Taf. A) soll die Auxosporenbildung der *Epithemia*-Arten (einschliesslich *Rhopalodia*) innerhalb einer grossen, eiförmigen Gallerthülle stattfinden, die das Ganze umgiebt und daher auch zusammenhält. Eine solche Gallerthülle ist bei *Rhopalodia gibba* sicher nicht vorhanden; ob sich andere Arten von *Rhopalodia* und *Epithemia* anders verhalten, vermag ich allerdings nicht zu sagen. Ich möchte vermuthen, dass die auffälligen Gallertbildungen, die in den späteren Stadien der Auxosporenbildung abgeschieden werden, die Veranlassung zur Annahme einer solchen Gallerthülle gegeben haben. Es wird jedoch weiter unten gezeigt werden, dass diese Gallertbildungen einen ganz anderen Bau besitzen.

In den jüngsten Stadien der Nebeneinanderlagerung sind die beiden conjugirenden Zellen noch unverändert. Die Ventralseiten der Schalen, die sich mit ihren geraden ventralen Kanten nahezu berühren, divergiren nach aussen hin. In den nächsten Stadien ändert sich dies; die Panzerhälften schieben sich auseinander, die Ventralseiten der Schalen werden parallel oder berühren sich nahezu; das aus den beiden Zellen gebildete Ganze ist nun von etwa cylindrischer Form. Die gegenseitige Lage der Panzerhälften, die damit erreicht ist, bleibt auch in den fortgeschritteneren Stadien erhalten, wenn die Hälften weiter von einander entfernt werden (Fig. 21, Taf. X).

Von den Lagen, die das cylindrische Ganze annehmen kann, sind zwei für die Beobachtung der Auxosporenbildung besonders wichtig. Als Schalenlage bezeichne ich diejenige, bei der die

Mikroskopachse zu der Apicalachse und zu der Transapicalachse der Mutterzellen, also auch zu der Apicalachse der späteren Auxosporen senkrecht steht. Dies ist die Lage, welche die vorgeschrittenen Stadien ihrer Gestalt gemäss von selbst annehmen. Die alten Panzerhälften erscheinen in derselben meist in der oben erwähnten dritten Lage (Fig. 1, 10, 12, 14—17, 19, Taf. X). Als Gürtelbandlage bezeichne ich im Folgenden diejenige, bei der die Mikroskopachse mit der Transapicalachse der Mutterzellen zusammenfällt (Fig. 6, Taf. X). Diese Lage ist nur an den jüngeren Stadien möglich, tritt an denselben aber leicht ein, wie oben bereits erwähnt. Die alten Panzerhälften erscheinen in der oben besprochenen ersten Lage (Gürtelbandlage).

Die äusseren Veränderungen bei der Conjugation und der Auxosporenbildung.

Im Folgenden soll nun zunächst dargestellt werden, wie die äusserlich wahrnehmbaren Veränderungen, die zur Auxosporenbildung führen, verlaufen.

Nachdem sich die conjugirenden Zellen durch die Gallertkappen aneinander befestigt haben, werden durch Hämatoxylinfärbung zwei Gallertstreifen nachweisbar, die im Innern der Zellen von den Enden aus durch das erste Viertel oder Drittel der Zellenlänge verlaufen. Man sieht dieselben am besten von der Gürtelbandseite (Fig. 22, Taf. X); sie theilen das Lumen des Zellenendes in zwei Hälften, der Zelltheilungsebene (Valvarebene) entsprechend. Alsbald beginnt auch das Protoplasma sich aus den engen Spitzen der Panzerhälften heraus und nach der Mitte hin zusammenzuziehen, wo es zuletzt einen in der Richtung der Transapicalachse plattgedrückten, in der Apicalebene länglich viereckigen oder sechseckigen Körper bildet, der an den Enden meist Andeutungen von je zwei Hörnern hat, die mit den Enden der Panzerhälften correspondiren (Fig. 5—8, Taf. X). Der ganze durch die Zusammenziehung des Plasmas frei werdende Raum wird mit Gallerte ausgefüllt. In dem zuerst erwähnten Gallertstreifen wird alsdann ein Längsriss bemerkbar, der am Zellenende beginnt und bis zum Grunde des Streifens vordringt. Indem

die Panzerhälften nun, vielleicht in Folge der Vermehrung der Gallerte, mehr und mehr auseinander geschoben werden, beginnt der Riss zu klaffen, und es bildet sich ein winkeliger Einschnitt, der von den Zellenenden aus in die Gallerte vordringt (Fig. 6, Taf. X). Die Schenkel der winkeligen Grenzlinie beginnen an den Enden der Panzerhälften, der abgerundete Scheitel liegt um $^1/_4$ oder $^1/_3$ der Zellenlänge von den Enden entfernt nach der Mitte zu; die Ebene des Winkels ist die Apicalebene.

Betrachtet man in diesem Stadium das conjugirende Paar in der Schalenlage, so erscheinen die beiden zusammengezogenen Protoplasmen als sehr schmale, längliche Streifen (wie Fig. 7*b*, Taf. X), und die Gallerte erscheint bei Einstellung der Linsen auf die Mitte des Objectes gleichfalls von winkelig gebrochenen Linien begrenzt. Die Scheitel dieser Winkel fallen mit den Scheiteln der oben erwähnten winkelig gebrochenen Linien zusammen, die Schenkel verlaufen jedoch nicht nach den Enden der Panzerhälften, sondern nach den Mitten zu. Die länglich-rhombische Figur, die sie zusammen bilden, ist die Umgrenzung der Gallerte in der Ebene zwischen den getrennten Panzerhälften (vergl. Fig. 10, Taf. X). Auch in den späteren Stadien der conjugirenden Paare bleiben die winkeligen Begrenzungslinien erhalten und tragen zur Entstehung der charakteristischen Umrissfigur der Gallerte in diesen Zuständen bei (Fig. 14—16, Taf. X).

Wie schon angedeutet, haben diese Gallertbildungen die Fähigkeit, sich mit Hämatoxylin stark zu färben. Dieser Umstand erleichtert das Auffinden der conjugirenden Paare innerhalb der Gallerte von *Schizochlamys* und zwischen den vegetativen Rhopalodien, da von der ganzen Masse die Paare den Farbstoff am stärksten festhalten. Zugleich erschwert er aber die Herstellung guter Präparate; es bedarf besonders sorgfältiger Behandlung mit angesäuertem Wasser oder mit sauren Dämpfen, um gute Kernfärbungen zu erhalten.

Der nächste Schritt in der Ausbildung der Auxosporen ist die Quertheilung des zusammengezogenen plasmatischen Inhaltes jeder der beiden Zellen, die nicht, wie bei der vegetativen Zelltheilung, in der Valvarebene, sondern in der Transapicalebene stattfindet (Fig. 9—11, Taf. X). Die Theilung erfolgt durch Einschnürung; man findet die Tochterzellen nicht selten noch durch

einen schmalen Isthmus in Verbindung. Wenn die Theilung auch meist in beiden Zellen ziemlich gleichzeitig stattfindet, so ist dieses doch keineswegs stets der Fall; oft eilt die Entwickelung der einen Zelle der der anderen weit voraus. Doch muss ich es unentschieden lassen, ob in dem einen der beobachteten Fälle, wo die eine Zelle noch ungetheilt war, während die Tochterzellen der anderen schon die hernach zu erwähnenden Copulationsfortsätze bis fast zur Berührung mit ersterer getrieben hatten, eine normale Weiterentwickelung eingetreten wäre. Auch die Tochterzellen sind in der Richtung der Transapicalachse der Mutterzelle zusammengedrückt, sie erscheinen in der Schalenlage schmal eiförmig zugespitzt (Fig. 10), in der Gürtelbandlage wesentlich breiter (Fig. 11, Taf. X); ihr breitestes und zugleich dickstes Ende liegt nach der Mitte der Mutterzelle zu. Sind die Tochterzellen gebildet, so beginnt die Gallerte durch den zwischen den beiden Panzerhälften an der Ventralseite klaffenden Spalt hervorzutreten. Dem breitesten Theile jeder der Tochterzellen entsprechend wölbt sich ein rundlicher Gallertfortsatz vor; es findet Berührung (Fig. 10, Taf. X) und später Verschmelzung zwischen den einander gegenüberliegenden Fortsätzen statt, so dass die Gallerten der beiden Mutterzellen nunmehr an zwei getrennten Stellen miteinander in Verbindung stehen.

Die folgende Stufe der Entwickelung charakterisirt sich durch die eintretende Conjugation jeder Tochterzelle der einen Mutterzelle mit der ihr gegenüberliegenden der anderen. Der Vorwölbung der Gallerte folgend bilden sich Copulationsfortsätze, die gegen einander vorwachsen und dann verschmelzen (Fig. 12, 13, Taf. X). Die beiden Zygoten haben Anfangs eine sehr eigenthümliche Form, die ihre genauere Untersuchung nicht gerade erleichtert. Man könnte sie als hantelförmig bezeichnen, doch passt der Vergleich nicht besonders gut. Den beiden Köpfen der Hantel entsprechen die beiden verbundenen Zellen, die nach wie vor dem Beobachter ihre schmale Seite zuwenden und ihre Gestalt noch wenig verändert haben; der Copulationsfortsatz verbindet ihre nach der Mitte der Mutterzelle zu liegenden breiteren Enden.

Auch bei der Conjugation kommen allerhand Unregelmässigkeiten vor. Wenn die Mutterzellen nicht symmetrisch zu einander

und vier paarweise opponirten Oogonienzweigen. Die Insertionsstellen der zwei nach aufwärts gerichteten Oogonienzweige sind allein zu sehen. Die Pfeile bezeichnen die Richtung der Krümmungsebenen der Oogonienzweige.

Fig. 2. Desgleichen, mit nur zwei opponirten Oogonienzweigen; die Insertionsstelle des nach unten gerichteten schimmert durch den Fruchtzweig hindurch. Das Antheridium ist nicht mehr vorhanden.

Fig. 3. Junger Fruchtzweig, dessen Krümmungsebene zur Richtung des Tragfadens senkrecht ist, aufrecht stehend, von oben gesehen. Zwei Oogonienzweige mit noch nicht abgegrenzten Oogonien; sie sind in horizontaler Ebene gekrümmt, die Schnäbel der Oogonien etwas nach abwärts gerichtet. Das Antheridium in verticaler Ebene nach abwärts eingerollt, nur zum Theil sichtbar. Der Tragfaden ist bei viel tieferer Einstellung sichtbar.

Fig. 4. Junger Fruchtzweig in liegender Stellung; dessen Krümmung zum Tragfaden senkrecht, die Concavität nach aufwärts. Antheridium in zum Faden fast senkrechter Ebene eingerollt, Oogonienzweige in dem Faden fast paralleler Ebene aufwärts gekrümmt; Schnäbel der Oogonien nach aufwärts und etwas nach innen gekehrt.

Fig. 5. Fruchtzweig mit Prolification, schräg von oben gesehen, der Tragfaden bei tieferer Einstellung sichtbar. An dem primären (unteren) Fruchtzweig die Oosporen schon abgefallen, an dem secundären (oberen) Zweig noch unreif. Die Antheridienzweige *a* und *a'* und die Oogonienzweige nach abwärts gekrümmt.

Fig. 6. Fadenende mit zwei Sporangien. *a* ein terminales, noch nicht geplatztes Sporangium mit fertiger Aplanospore; *b* ein laterales, auf kurzem Seitenzweig sitzendes Sporangium, dessen Membran geplatzt, gefaltet und die Aplanospore becherförmig umfassend.

Fig. 7. Durchwachsung eines Sporangiums.

Fig. 8. Eine keimende Aplanospore.

Fig. 9. Entwickelungsstadien einer Galle.

a am 26. October, sehr junges Stadium. Von dem Parasiten scheint durch den dicken Wandbeleg nur der noch wenig angeschwollene, schwarze Magen hindurch.

b am 27. October. Der Contour des Parasiten erkennbar.

c am 28. October. Galle erwachsen, mit vier Hörnern, von denen zwei verdeckt sind. Wandbeleg schon dünner.

d am 1. November. Der Parasit hat zahlreiche Sommereier gelegt, von denen nur die bei oberer Einstellung sichtbaren gezeichnet sind; die dem Mutterthier näheren sind jünger, mit noch körnigem Inhalt, die entfernteren sind älter, hell, mit rothem Auge. Durch die feine Punktirung ist die Vertheilung der Chlorophyllkörner in Galle und Tragfaden angedeutet. Der Tragfaden ist in grösserer Ausdehnung gezeichnet, um die Länge des mittleren, am Leben gebliebenen Stückes zu zeigen, das beiderseits von abgestorbenen Fadenstücken mit contrahirtem Inhalt begrenzt ist.

Fig. 10. *a* das rechte Horn der Fig. 9*c* im optischen Längsschnitt. Zeigt die noch gleichmässig dünne Membran, die Hyaloplasmaschicht im Hornende und die dicke, chlorophyllführende Plasmaschicht.

b dasselbe Horn im Stadium der Fig. 9*d*. Zeigt die Verdickung und Differenzirung der Membran (die gebräunte Seitenwand ist schraffirt, die Calotte weiss

Streckung dauert so lange an, bis etwa die doppelte Länge der Mutterzellen erreicht ist (Fig. 19, Taf. X). Die alten Panzerhälftenpaare sind dann häufig um $^1/_5$ der Gesammtlänge von einander entfernt. Seltener sind in vorgeschritteneren Stadien die gegenüberliegenden Panzerhälften einander noch genähert, so dass man, wie bereits oben erwähnt, bei geeigneter Färbung mitunter noch die Verbindung zwischen den den Schalenenden ansitzenden Gallertkappen nachweisen kann (Fig. 23, Taf. X).

Während die zur Conjugation schreitenden Tochterzellen und die eben gebildeten Zygoten ausser der Gallerthülle keine besondere Membran haben, tritt, sobald der Streckungsprocess beginnt, eine deutlich wahrnehmbare Membran auf, die unter dem Namen Zonenkleid oder Perizonium bekannt und nach den Angaben der älteren Beobachter verkieselt ist (Griffith III; Pfitzer I, p. 67; Schmitz II, p. 2). Wenn die Auxosporen etwa die Länge der Mutterzelle erreicht haben, wird auch eine einfache Membransculptur am Perizonium sichtbar (Fig. 16, 17, Taf. X). Dasselbe erscheint zart quergestreift. Die Abstände der Streifen sind indessen erheblich grösser als die der Riefen der ausgebildeten Panzer. Auch ist die zu Grunde liegende Structur eine andere; mit der Streifung correspondirt ein fein welliger Bau der Membran in deren optischem Querschnitte. Die Enden der jüngeren Auxosporen sind gewöhnlich etwas verjüngt und dann abgestutzt; an den älteren sind die Enden meist völlig stumpf oder sogar von aussen her etwas concav eingedrückt. Stets besitzt das Perizonium an den Enden eine etwas grössere Tingirbarkeit durch Hämatoxylin als in den übrigen Theilen.

Die bereits mehrfach erwähnte Gallerte nimmt an den Zuständen mit sich streckenden Auxosporen eine sehr charakteristische Gestaltung an (Fig. 15, 16, Taf. X). Die an der convexen Gürtelbandseite jeder der beiden Mutterzellen nach aussen vorquellenden Theile entwickeln sich beiderseits zu je einer grossen, zuerst halbkreisförmigen, später sackförmigen Blase, in welcher auf beiden Seiten die beiden Auxosporen anfangs mit ihren Enden, zuletzt mit dem grösseren Theile ihrer Längshälften nebeneinander liegen. Die an den concaven Gürtelbandseiten als Hüllen der Copulationsfortsätze hervorgetretenen Gallertschläuche werden dadurch, dass die einander gegenüberliegenden Panzerhälften ge-

wöhnlich ziemlich weit von einander entfernt werden, in der Regel stark gedehnt. Ihre äussere Grenzlinie legt sich daher den Mitten der Auxosporen sehr eng an. Die Durchbrechung zwischen den Auxosporen bleibt erhalten, wird aber gleichfalls in der Richtung der Streckung in die Länge gezogen. Die Hälften der alten Panzer bleiben stets ausserhalb der Gallerte, wenn man von einer dünnen, aber nicht färbbaren Schicht absieht, die vielleicht, wie mir scheint, die Panzer aussen überzieht, etwa wie es Lauterborn (II) von Pinnularien angiebt. Die Gallerte füllt aber das Innere der Panzer aus; die offenbar dichtere und festere Grenzschicht der Gallerte setzt sich an die Ränder der Oeffnung der Panzerhälften an, und dadurch werden die letzteren an der Gallerte festgehalten. Zustände, an denen sie sich abgelöst hätten, sind mir nie zu Gesicht gekommen. In Folge dieser Verbindung der Gallerte mit den Panzern kommen gewissermassen acht Hörner, je eines dem einen Ende einer Panzerhälfte entsprechend, an der Gallerte zu Stande, die mit breiter Basis von der letzteren ausgehen und sich allmählich gegen den im letzten Ende der Panzerhälfte steckenden Theil verjüngen. Die beiden demselben Ende des Gesammtpanzers angehörenden Hörner sind übrigens jedesmal vom Grunde an etwa zur Hälfte verbunden. Daher kommen die beiden bereits oben erwähnten winkelig verlaufenden Umrisslinien der Gallerte, deren Scheitel zusammenfallen, während ihre Schenkel entgegengesetzte Richtungen haben, auch jetzt noch zur Anschauung. Die eine, in der Gürtelbandlage sichtbare, deren Scheitel nach innen zu liegt, giebt den Umriss des Thals zwischen den beiden verbundenen Hörnern desselben Panzerendes, die andere, in der Schalenlage sichtbare, deren Scheitel nach aussen liegt, den in der Valvarebene der Panzer liegenden Umriss der Gallerte an der tiefsten Stelle zwischen diesen Hörnern an.

Innerhalb der Gallerte bildet sich eine Schichtung aus, dergestalt, dass jede Auxospore noch von einer besonderen Hülle umgeben erscheint, die in ihren Umrissen den Gesammtumriss der Gallerte nachahmt (Fig. 15, Taf. X).

Bemerkenswerth ist, dass in den vorgeschritteneren Zuständen die Mitte der Auxosporen so zu sagen ganz der Gallerthülle entbehrt, da die Grenzschicht denselben hier so nahe an-

liegt, dass kaum noch von einer besonderen Hülle die Rede sein kann. Ob man irgend eine Bedeutung dahinter zu suchen hat, vermag ich nicht zu entscheiden. Genügenden Schutz dürften vielleicht die vier um diese Stelle herum gelagerten Panzerhälften den Mitten der Auxosporen gewähren; beim Präpariren allerdings entstehen leicht Verletzungen in Folge des der Mitte fehlenden Schutzes durch die Gallerthülle.

Im Ganzen muss man sich die Gallerte noch etwas stärker aufgequollen denken, als in den Abbildungen dargestellt ist. Letztere sind nach Balsampräparaten gezeichnet, und es ist die unvermeidliche Schrumpfung der Gallerte nur theilweise beseitigt worden.

Haben die Auxosporen ihre endgültige Länge erreicht, so beginnt innerhalb des Perizoniums die Ausbildung der neuen Panzer (Fig. 19, 20, Taf. X). Zuerst tritt die eine Hälfte auf, später die andere. Leicht lassen sich die Schalen an ihrer Streifung erkennen und ihrer Lage nach bestimmen, während die Beobachtung der Gürtelbandseiten innerhalb der schmalen Auxosporen schwierig ist. Die Erstlingszellen sind sehr häufig unregelmässig gestaltet, z. B. im Ganzen verbogen oder unregelmässig verdickt. Diese Unregelmässigkeiten gleichen sich offenbar bei den späteren Zelltheilungen aus. Mitunter kann man schon innerhalb des Perizoniums die erste Zelltheilung beobachten. Wie die Erstlingszellen frei werden, ob sie ausschlüpfen oder ob sie nach wiederholter Theilung ihre Hüllen sprengen, konnte ich nicht feststellen. Für das Ausschlüpfen würde die Beobachtung sprechen, dass mitunter wohlerhaltene Gallerten mit ausgewachsenen, aber völlig leeren Perizonien gesehen wurden; doch wäre auch eine andere Erklärung dieser Erscheinung nicht ganz ausgeschlossen.

Am Schlusse dieses Abschnittes möchte ich die Ergebnisse einer Reihe von Messungen mittheilen, die ich an den Auxosporen, sowie an deren Mutterzellen und an vegetativen Zellen vorgenommen habe.

Vegetative Zellen: Grösste beobachtete Länge 265 μ, kleinste 54; Breite der Gürtelbandseite in der Mitte 20—25,

durchschnittlich 21,9 (Mittel aus 10 Messungen), am Ende 17 bis 20,7, durchschnittlich 17,3 (6 Messungen).

Auxosporenmutterzellen: Grösste Länge 136, kleinste 60, durchschnittliche Länge 102 (122 Messungen); Breite der Gürtelbandseite in der Mitte 19—25, durchschnittlich 21,1 (10 Messungen), am Ende 14—19,5, durchschnittlich 16,8 (5 Messungen). Schalenbreite 8—11, meistens und durchschnittlich ca. 9 (12 Messungen).

Auxosporen: Grösste Länge 257, kleinste 205, durchschnittliche Länge 218 (24 Messungen); Breite in der Mitte 10—20,8, am Ende 8—14,5. Die Breite der Gürtelbandseite ist etwas grösser als diese Messungen ergeben, da die Erstlingszellen in der ausschliesslich zur Beobachtung gelangenden Schalenlage des conjugirenden Paares (s. oben) mit ihrer Pervalvarachse schräg zur Mikroskopachse liegen.

Die Riefenzahl beträgt 7 auf 10 μ, und zwar sowohl an den Erstlingszellen, wie an den kleinsten Mutterzellen, mit ganz unerheblichen Abweichungen.

Die grösste Länge der Auxosporen stimmt nach diesen Messungen gut mit der grössten Länge der vegetativen Zellen überein, ebenso die Länge der kleinsten Auxosporenmutterzellen mit der kleinsten Länge der vegetativen Zellen. Die Länge der beiden Zellen eines copulirenden Paares ist in weit mehr Fällen erheblich verschieden als annähernd gleich; die grössere Zelle kann nahezu doppelt so lang sein als die kürzere (Beispiele $\frac{136}{76}$, $\frac{115}{65}$). Das Eintreten der Auxosporenbildung ist daher bei *Rhopalodia gibba* nicht an die Erreichung eines gewissen Minimalmaasses der Zellen gebunden, sondern in ziemlich weiten Grenzen davon unabhängig. Es müssen also ausser der Grössenverminderung noch andere Factoren auf das Eintreten der Auxosporenbildung bestimmenden Einfluss haben. Die Länge der Auxosporen ist durchschnittlich reichlich doppelt so gross als die der Mutterzellen, mitunter sogar nicht unerheblich grösser.

Es ist sehr bemerkenswerth, dass die durch fortgesetzte Theilung bewirkte Verkleinerung der Zellen fast ausschliesslich die Länge betrifft. Die Breite wird fast gar nicht beeinflusst. Die Breite der ventralen Schalenseite, die am besten der sonst schwer zu messenden Breite der Zellen in der transapicalen

Richtung entspricht, beträgt sowohl an langen, wie an kurzen Zellen 8—10, gewöhnlich 9 μ; die Abweichungen liegen im Bereiche der individuellen Variation und der Messungsfehler, zeigen aber keine Beziehung zur Länge der Zellen. Einige Beispiele mögen das erläutern (Länge : Breite der ventralen Schalenseite): 234 : 9; 182 : 9; 161 : 8,5; 133 : 9,5; 110 : 9; 74 : 8,5; 69 : 9 etc.

Auch die Breite der Gürtelbandseite ist an den grössten und an den kleinsten Zellen nicht wesentlich verschieden. In Folge dessen weichen die grössten und die kleinsten Individuen so sehr von einander ab, dass man sie für verschiedene Arten halten könnte, wenn nicht durch den Vorgang der Auxosporenbildung der directe Beweis ihrer Zusammengehörigkeit erbracht würde. Der Unterschied, welcher zwischen der Breite der Zellen in deren Mitte und an den Enden vorhanden ist, wird an den kürzeren Individuen viel auffälliger. Die Kiellinie derselben erscheint wesentlich stärker gekrümmt, so dass sie sich dem Typus der *Rh. ventricosa* (Ehrenb.) Müll. nähern; man könnte sogar die Vermuthung aussprechen, dass die als *Rh. ventricosa* bezeichneten Formen nur kleine Exemplare der *Rh. gibba* seien. Wenn ich jedoch die Umrisse der kleinsten Auxosporenmutterzellen, die mir vorgekommen sind, mit den Zeichnungen Müller's von *Rh. ventricosa* (X, Taf. I, Fig. 20 u. 21) vergleiche, so scheint mir doch derjenige Grad der Krümmung der Kiellinie, der *Rh. ventricosa* auszeichnet, bei *Rh. gibba* nicht erreicht zu werden. Nur an einigen sehr kleinen vegetativen Zellen, deren Zugehörigkeit zu *Rh. gibba* immerhin bezweifelt werden könnte, fand ich annähernd dieselbe Krümmung. Die folgenden Zahlen mögen diese Verhältnisse erläutern. Um einen einfachen Ausdruck für den Grad der Krümmung zu gewinnen, gebe ich zunächst das Verhältniss der Länge zur Mittelbreite und zur Endbreite der Gürtelbandseite an (l : m : e), und ausserdem das Verhältniss der Differenz dieser beiden Breiten zur Länge (d : l):

Rh. gibba:	l	m	e	d : l
Grosse vegetative Zelle	210	: 24	: 20	1 : 52
Kleine Auxosporenmutterzellen (die grössere Breite ist Folge der Auseinanderschiebung der Panzerhälften)	84	: 30	: 23	1 : 12
	82	: 27	: 22,5	1 : 18,2
	80	: 28	: 23	1 : 16
	65	: 27	: 22,5	1 : 14,4
	65	: 20,5	: 16	1 : 14,4

	l	m	s	d : l
Kleine vegetative Zelle	90 : 22	: 17		1 : 18
Kleinste vegetative Zellen, *Rh. gibba?*	67 : 23	: 15		1 : 8,4
	60 : 20	: 13		1 : 8,6
	54 : 22	: 14		1 : 6,8
Rh. ventricosa:				
Vegetative Zelle nach Müller's 300-fach vergrösserter Zeichnung gemessen	79 : 28	: 19		1 : 8,9

Auf Grund dieser Beobachtungen glaube ich zunächst an der Ansicht Müller's festhalten zu sollen, dass die *Rh. ventricosa* eine von *Rh. gibba* verschiedene Form sei. Wünschenswerth wäre es allerdings, auch die Schwankungen in der Grösse von *Rh. ventricosa* in derselben Weise festzustellen, wie es hier für *Rh. gibba* geschehen ist. Dann würde die Vergleichung der Zahlen jedenfalls eine sichere Entscheidung der Frage ermöglichen.

Das Verhalten der Zellkerne bei der Conjugation und Auxosporenbildung.

Als das wichtigste Ziel der vorliegenden Untersuchung betrachtete ich die Untersuchung der Frage, ob die bei der Auxosporenbildung von *Rhopalodia gibba* zu Stande kommende Verschmelzung der Zellen von einer Verschmelzung der Zellkerne begleitet wird, ob also die Verjüngung und Vergrösserung der Zellen mit einem Befruchtungsvorgange verknüpft ist, und ob irgend welche anderen bemerkenswerthen Veränderungen an den Zellkernen und den übrigen Bestandtheilen des Zellleibes während dieser Vorgänge nachweisbar sind.

In den Zellen, die sich nebeneinander gelagert und aneinander befestigt haben, um zu conjugiren und Auxosporen zu bilden, gewahrt man in der Mitte den Zellkern und daneben gewöhnlich zwei Pyrenoide[1]), seltener eines oder mehr als zwei (Fig. 1, Taf. X). Ist nur ein Pyrenoid vorhanden, so theilt es sich bald darauf. Die etwas weiter vorgeschrittenen Stadien zeigen eigenthümliche

1) Man vergleiche den Abschnitt über die plasmatischen Bestandtheile der vegetativen Zellen.

gelassen), die Schleimschicht mit den anhaftenden Bakterien, den von der Calotte etwas zurückgetretenen, sehr dünnen Wandbeleg mit vereinzelten Chlorophyllkörnern und eine der hellbraunen Kugeln im Saftraum.

Fig. 11. Contour einer glockenförmigen Galle mit zwei Hörnern am Scheitel und einem Horn an der Basis. Rechts eine halbkugelige Aussackung des Tragfadens. Links am Ende des Tragfadens die vernarbte Wundstelle *e*.

Fig. 12. Das rechte Horn der Fig. 11, im optischen Längsschnitt und gleichzeitig in der Aufsicht dargestellt. Zeigt die verdickte und gebräunte Seitenwand, die dünne Calotte, die Hyaloplasmaschicht *h* unter dieser, den dünnen Wandbeleg mit schon locker werdender Chlorophyllkörnerschicht und die Oeltropfen.

Fig. 13. Contour einer regelmässig dreifach-dichotomischen Galle. *A* in Flächenansicht von der Breitseite gesehen; *B* die abgeschnittene Spitze in der Scheitelansicht. Die Ziffern *1—8* bezeichnen in beiden Figuren die einander entsprechenden Hörner. *aa* ist die primäre Symmetrieebene, welche hier durch den (in Fig. *A* zum Papier senkrecht stehenden) Tragfaden geht, *b* und *b'* sind die zwei secundären, *c*, *c'*, *c''* und *c'''* die vier tertiären Symmetrieebenen.

Fig. 14. Scheitelansicht einer regelmässig trichotomisch × dichotomisch verzweigten Galle, mit in einer horizontalen Ebene ausgebreiteten Hörnern. Zeigt die ungleiche Dicke der Calotten und der übrigen Gallenmembran.

Fig. 15. Ein Horn der Fig. 14. Zeigt die Schichtung der Seitenwand, die Schleimschicht mit den ihr anhaftenden Bakterien, einzelligen grünen Algen und einer Diatomee.

Fig. 16. Contour einer grossen, spindelförmigen Galle mit drei Hörnern am Scheitel und einem Horn an der Basis. Links ein abgestorbenes Fadenstück, das durch eine Querwand von dem noch lebenden, die Galle tragenden Theil abgegrenzt ist.

Tafel IX.

Fig. 17. Doppelgalle, die mittels eines (in der Figur nicht sichtbaren) Fusses dem bei tieferer Einstellung sichtbaren Tragfaden aufsitzt. Die rechte Theilgalle besitzt vier, die linke acht Hörner (die bei beiden zum Theil verdeckt sind). Erstere enthält ein Mutterthier und zahlreiche, in Entwickelung begriffene Sommereier mit Auge, letztere ein Mutterthier, zahlreiche (doppelt contourirte) Wintereier, ein in Entwickelung begriffenes und ein frisch gelegtes Sommerei (von den vielen Eiern sind nur die bei oberer Einstellung sichtbaren gezeichnet).

Fig. 18. *a* ein Horn der linken Theilgalle der Fig. 17, kurz vor dem Absterben des Wandbeleges. Der innere Contour der zart geschichteten Calotte etwas uneben.

b dasselbe Horn einen Tag später, nachdem der Wandbeleg abgestorben ist. Die inneren Schichten der Calotte in Auflösung begriffen, eine dünne, äussere Lamelle erhalten.

Fig. 19. Horn einer vor Kurzem abgestorbenen, Wintereier führenden Galle, nach einem in Glycerin eingeschlossenen Präparat. Die äusseren Schichten der Calotte sind aufgelöst, eine innere, derbere Lamelle bleibt erhalten. Die Gallenmembran stark verdickt und deutlich geschichtet.

Fig. 20. Ein Horn einer kürzlich ausgewachsenen Galle, mit Schleimschicht und den dieser anhaftenden Bakterien. Die dünne, farblose Calotte ist gegen die

dicke, braune Seitenwand sowohl im optischen Längsschnitt als in der Flächenansicht scharf abgesetzt.

Fig. 20a. Ein Doppelhorn nach Auflösung der Calotten, im optischen Längsschnitt und gleichzeitig in der Aufsicht dargestellt.

Fig. 21. Einige Monate alte, tonnenförmige Galle mit nur einem längst geöffneten Horn. Zeigt die Verdickung der Membran in der Galle und in dem benachbarten Theil des Tragfadens. Die Galle enthält ausser einigen in Entwickelung begriffenen Wintereiern und leeren Eihüllen (welche weggelassen sind) nur die Reste des schwarzen Mageninhalts des todten Mutterthieres.

Fig. 22. Eine ungewöhnlich lange, fadenförmige Galle, bereits seit mehreren Tagen abgestorben und an der Spitze geöffnet. Sie enthält das todte Mutterthier, einige in Entwickelung begriffene Sommereier, zahlreiche leere Eihäute (von denen nur ein Theil gezeichnet ist) und Reste des zerfallenen Wandbeleges. *e* die vernarbte Wundstelle an der Fadenspitze. *l* ein schon früher abgestorbenes Fadenstück, welches das die Galle tragende Fadenstück von dem weiter abliegenden, lebenden Theil des Fadens trennt.

Fig. 23. Contour einer eben ausgewachsenen zweigartigen Galle mit zwei apicalen und einem basalen Horn. Dieselbe enthielt ein Mutterthier und ein Ei.

Fig. 24. Contour einer kleinen todten Galle mit zwei ungewöhnlich langen, zweigartigen, geöffneten Hörnern. *e* die vernarbte Wundstelle am Ende des Fadens.

Fig. 25. Eine schwache terminale Anschwellung eines Fadens, ohne Hörner, mit lebendem Mutterthier und Eiern.

Fig. 26. Contour einer alten, tonnenförmigen, dreihörnigen Galle, mit Sexualorganen an ihrer Basis.

Fig. 27. Contour einer kleinen, zweihörnigen, trichterförmigen Galle.

Fig. 28. Contour einer grossen, scheinbar unregelmässig gestalteten Galle. Dieselbe ist zunächst dichotomisch in die beiden ungleich entwickelten Zweige *A* und *B* getheilt, der letztere theilt sich nochmals dichotomisch in die ebenfalls etwas ungleich entwickelten Zweige *a* und *b*; jeder der drei Zweige weist endlich seinerseits eine angedeutete Dichotomie auf und trägt zwei sehr stumpfe Hörner, die bei *b* im optischen Längsschnitt zu sehen sind, während sie bei *A* und *a* ungünstig liegen und daher in der Zeichnung nicht sichtbar sind.

Fig. 29. Kauapparat eines jungen Weibchens der *Notommata Wernecki*, in etwas schräger Aufsicht; die bei verschiedenen Einstellungen sichtbaren und theilweise stark geneigt liegenden Theile in eine Ebene projicirt dargestellt. Nach einem mit Kalilauge behandelten und in Glycerin liegenden Präparat.

m Manubrien, *u* Unci, *f* Fulcrum, *r* Rami, *z* über den Spitzen der Rami gelegene Zähnchen.

Fig. 30. Kopf eines in genauer Profilstellung liegenden jungen Weibchens von *Notommata Wernecki*, im optischen Längsschnitt, um Bau und Lage des Kauapparates in Seitenansicht zu zeigen. Nach einem mit Osmiumsäure fixirten und vorsichtig mit Kalilauge und Glycerin behandelten Präparat.

s Schlund, *a* Auge; die Bedeutung der übrigen Buchstaben wie in Fig. 29.

Beiträge zur Kenntniss der Auxosporenbildung[1]).
I. Rhopalodia gibba (Ehrenb.) O. Müller.

Von

H. Klebahn in Hamburg.

Mit Tafel X.

Die älteste Beobachtung über die Gebilde bei den Bacillariaceen, die wir jetzt nach Pfitzer [I, 88; II, 23][2]) Auxosporen nennen, scheint die von Kützing (I, 71; II, Taf. 17, 68) zu sein, der im Jahre 1833 die angeschwollenen Zellen von *Melosira*-Arten erwähnt und abbildet, ohne sich jedoch über die etwaige Bedeutung derselben zu äussern. Als der eigentliche Entdecker des Vorganges der Auxosporenbildung muss Thwaites bezeichnet werden. Thwaites (I—VII) sah die Erscheinung im Jahre 1847 und in den folgenden Jahren bei *Epithemia turgida* und bei einer Anzahl anderer Arten. Er erkannte die Bedeutsamkeit derselben, und indem er sie als Conjugation auffasste, traf er wenigstens für einen Theil der Fälle das Richtige. In der Folgezeit wurde die Zahl der Arten, bei denen man Auxosporenbildung auffand, nicht unerheblich vermehrt[3]). Die Beobachtungen sind jedoch nicht alle mit der genügenden Kritik ausgeführt; es wurden mehrfach Vorgänge für Conjugation ausgegeben, in denen man die Copulation nur durch Analogie er-

1) Die nachfolgenden Untersuchungen wurden Anfang 1895 begonnen und April 1896 abgeschlossen. Die wichtigsten Resultate sind bereits in einem Vortrage auf der Naturforscher-Versammlung zu Lübeck, September 1895, mitgetheilt worden, s. die Berichte im Botan. Centralbl., Bd. LXIV, und Verhandl. d. Gesellsch. deutsch. Naturf. u. Aerzte, 1895, II, 1, p. 102.

2) S. das Literaturverzeichniss am Schlusse dieser Arbeit.

3) Eine Zusammenstellung der bekannten Fälle mit Literaturnachweisen folgt weiter unten.

schlossen hatte, und selbst die von Thwaites (III, p. 167) nur als Sporen bezeichneten Auxosporen der Melosiren sollten nach einzelnen Autoren gewissermassen durch innere Copulation entstehen (Lüders I, 60).

Erst Mac Donald und Pfitzer verdanken wir einen klareren Einblick in die Bedeutung der Auxosporenbildung. Es war zwar schon anderen Beobachtern aufgefallen, dass die Bacillariaceen durch fortgesetzte Theilung kleiner werden (Braun, 1851) und dass durch den Process der Auxosporenbildung Zellen von dem grössten Maasse der Species aus kleineren wieder hergestellt werden (Braun, l. c., Carter, 1856). Aber erst von Mac Donald und namentlich von Pfitzer (I, p. 88) wurde der Gedanke scharf und bestimmt ausgesprochen und von Pfitzer (II, p. 21 ff., 153 ff.) auch eingehend begründet, dass die Hauptbedeutung der Auxosporenbildung darin zu suchen sei, dass durch dieselbe die durch fortgesetzte Theilung verminderte Grösse der Bacillariaceen wieder auf die ursprüngliche zurückgeführt wird.

Zweifellos trifft die Anschauung von Mac Donald und Pfitzer für eine grosse Reihe von Fällen das Richtige. Auffällig muss es nur erscheinen, dass es noch eine so grosse Zahl von Gattungen der Bacillariaceen giebt, bei denen Auxosporenbildung überhaupt noch nicht beobachtet ist. Es bleibt daher weiterer Forschung vorbehalten, zu entscheiden, ob man hier die Auxosporen bisher nur übersehen hat, oder ob diese Gattungen der Auxosporen nicht bedürfen und auf einem anderen Wege die Maximalgrösse ihrer Zellen wieder erreichen können.

Durch die Beobachtungen von Pfitzer und später auch durch Schmitz (I, II) wurde ferner gezeigt, dass in einer Reihe von Fällen, wo die älteren Beobachter Conjugation angenommen hatten, eine solche überhaupt nicht stattfindet. Es lassen sich vielmehr fünf verschiedene Typen der Auxosporenbildung unterscheiden, die theils mit, theils ohne Conjugation verlaufen[1]).

Der einfachste Typus charakterisirt sich durch eine einfache mit Vergrösserung verbundene Verjüngung einer einzigen Zelle.

---

1) Schon 1856 unterschied Smith (II, Vol. II, p. XII) vier verschiedene Typen.

Dieser Typus ist sehr verbreitet. Er dürfte nach Schütt (IV, 566) für die planktonisch lebenden Formen, die der Eigenbewegung entbehren, der ausschliessliche sein. Im Einzelnen sind die Vorgänge ziemlich mannigfaltig[1]).

Bei dem zweiten Typus sollen aus dem Plasma einer Mutterzelle zwei Tochterzellen entstehen, aus denen zwei Auxosporen hervorgehen. Die vorliegenden Beobachtungen über zwei Arten aus zwei verschiedenen Gattungen bedürfen nach meiner Auffassung sehr der Nachprüfung.

Der dritte Typus ist der bei weitem verbreitetste. Zwei Zellen legen sich nebeneinander, werfen ihre alten Kieselmembranen ab, und jede wächst dann zu einer Auxospore heran, ohne dass — nach den übereinstimmenden Angaben von Pfitzer (II, 69—71, 90), Schmitz (I, 112, 124; II, 4—5) und Petit (I) — eine voraufgehende Verschmelzung oder ein sichtbarer Austausch von Bestandtheilen dabei zu beobachten wäre.

Bei dem vierten Typus ist eine echte Conjugation vorhanden. Die Plasmamassen zweier Zellen verschmelzen zu einer einzigen, und diese wächst dann zur Auxospore heran.

Auch bei dem fünften Typus findet Conjugation statt. Nur theilt sich zuvor das Plasma jeder der beiden zur Auxosporenbildung schreitenden Zellen in zwei Tochterzellen, und es entstehen zwei Auxosporen durch die Verschmelzung je einer Tochterzelle der einen Mutterzelle mit der ihr gegenüberliegenden der andern. Auxosporenbildung nach einem der beiden letztgenannten Typen ist nur bei einer geringeren Zahl von Gattungen bekannt.

Wenn auch nach der Theorie von Mac Donald und Pfitzer die Conjugation, die einst Thwaites für den wesentlichsten Vorgang bei der Auxosporenbildung gehalten hatte, nur eine Begleiterscheinung ist, die in einigen Fällen vorkommt, in einer weit grösseren Anzahl von Fällen dagegen entweder ganz fehlt (Typus I) oder vielleicht in Rückbildung begriffen ist (Typus III), so dürfte es doch nicht unnütz sein, die Aufmerksamkeit wieder auf die Conjugationserscheinungen bei der Auxosporenbildung hinzulenken. Es liegt ja nahe genug, darin einen

---

1) In der unten folgenden Zusammenstellung sind die bekannten Fälle von Auxosporenbildung nach den fünf Typen geordnet.

sexuellen Vorgang zu vermuthen, der etwa auf derselben Höhe der Entwickelung stehen würde, wie er sich in der Algengruppe der Conjugaten findet. Aber erst die Aufklärung über das Verhalten des Zellkerns bei diesen Vorgängen kann für die Auffassung derselben entscheidend sein. Ueber das Verhalten der Zellkerne in den Auxosporen liegen bis jetzt nur einige gelegentliche Bemerkungen Pfitzer's (II, 132) und Müller's (VI, 327, Taf. XIX, Fig. 12, 13) über *Melosira*-Arten vor, sowie russisch geschriebene Angaben Reinhardt's (III) über *Cocconeis*, die ich nur nach dem kurzen Berichte im Botanischen Centralblatt (Reinhardt, II) kenne, und die meiner Auffassung nach sehr der Bestätigung bedürfen. Systematische Untersuchungen über das Verhalten der Kerne während der Auxosporenbildung sind noch nicht ausgeführt worden.

Zur Ausfüllung dieser Lücke liefert die nachfolgende Untersuchung einen ersten Beitrag. Dieselbe bezieht sich auf *Rhopalodia gibba* (Ehrenb.) O. Müller[1]) [*Epithemia gibba* (Ehrenb.) Kütz.], eine Bacillariacee, die ihre Auxosporen nach dem fünften Typus bildet. Es erscheint aber wünschenswerth, auch das Verhalten der übrigen Typen zu prüfen. Von dem vierten stand mir geeignetes Material bisher nicht zur Verfügung; man wird hier ähnliche Verhältnisse erwarten können, wie sie im Folgenden besprochen werden sollen. Ueber einige Formen des ersten und des dritten Typus hoffe ich später berichten zu können. Der dritte erregt deshalb ein besonderes Interesse, weil es nicht gelungen ist, Copulationserscheinungen nachzuweisen, trotzdem sich mit grösster Regelmässigkeit zwei Zellen zur Auxosporenbildung vereinigen, und weil eine Befruchtung auf osmotischem Wege oder durch eine „dynamische" Einwirkung aus der Ferne, die Schmitz noch 1877 glaubte annehmen zu dürfen, sich mit den inzwischen gewonnenen Erfahrungen nicht verträgt. Bei dem ersten Typus wird es sich wesentlich darum handeln, festzustellen, ob der Kern den Process der Verjüngung ohne jede bemerkbare Veränderung übersteht, was nach meinen bisherigen Erfahrungen bei dem dritten Typus nicht der Fall ist.

---

1) O. Müller, X, 65.

Uebersicht der beobachteten Fälle von Auxosporenbildung [1]).

I. Typus (eine Mutterzelle bildet eine Auxospore).

Achnanthes Bory. — *A. subsessilis* Kütz.: Lüders I, 60, beschreibt auffällige Erscheinungen. Vergl. Typus II, III u. IV.

Biddulphia s. *Cerataulus* und *Odontella*.

Cerataulus Ehrenb. — *C. levis* (Ehrenb.) Ralfs: Thwaites III, 166, Fussnote.

Chaetoceras Ehrenb. — Spec.?: Schütt III.

Cocconeis Ehrenb. — *C. Pediculus* Ehrenb.: Schmitz II, 3. — *C. Placentula* Ehrenb.: Smith II, Taf. B, 32. Schumann I, 173 (sah alle Stadien). Reinhardt I, 633 (?). Nach Manoury I entsteht *C. Grevillei* Smith bei der Auxosporenbildung von *C. Placentula*. — Vergl. Typus III und IV.

Coscinodiscus Ehrenb. — *C. excentricus* Ehrenb.: Schumann I, 173.

Cyclotella Kütz. — *C. comta* (Ehrenb.) Kütz.: Miquel I (?). — *C. Kützingiana* Thwait.: Thwaites III, 169, Taf. 11, D. Smith II, Taf. B, 47. Schmitz II, 3. — *C. operculata* (Ag.) Kütz.: Hofmeister I, 25.

Fragilaria Lyngb. — *F. virescens* Ralfs: Hempel I, 137. Ohne genauere Angaben. Typus? — *F.* spec.?: H. L. Smith I. Auxosporen kaum grösser als die Mutterzellen (!?). Typus?

Gallionella Bory. — *G. nummuloides* (Dillw.) Bory: Thwaites III, 168. Lüders I, 60. Reinhardt I, 633. Miquel I. — *G. salina* (Kütz.): Borščow I, 92.

Isthmia Ag. — *I. nervosa* Kütz.: Cox I. Typus?

Libellus Cleve. — *L. Grevillei* (Ag.) Cleve: Smith II, Taf. E, 364. Nach Lüders zu Typus III, s. daselbst.

Lysigonium Link. — *L. Juergensii* (Ag.) Trev. (= *Melosira subflexilis* W. Smith): Smith II, Bd. II, p. X. Smith bezeichnet die Art als *M. subflexilis* Kütz., s. diese. — *L. monili-*

1) Die Reihenfolge der Gattungen und Arten ist die alphabetische. Der Nomenclatur ist De Toni, Sylloge Algarum, zu Grunde gelegt.

forme (Muell.) Link (= *M. Borreri* Grev.): Thwaites III, 165 bis 167, Taf. 11, C. Lüders I, 60. — *L. varians* (Ag.) De Toni: Kützing I, 71. Thwaites III, 165—167, Taf. 11, A. Lüders I, 60. Pfitzer II, 131. Schmitz II, 3. Miquel I und II. Borščow I, 91.

Melosira Ag. (s. auch *Gallionella, Lysigonium, Podosira*). — *M. arenaria* Moore (*Orthosira aren.* W. Smith): Schmitz II, 4. — *M. crenulata* (Ehrenb.) Kütz. (*Orthosira orichalcea* W. Smith): Thwaites III, 168, Taf. 11, B. Smith II, Taf. E, 337. — *M. orichalcea* (Mert.) Kütz. (*Orthosira orichalcea* W. Smith): Kützing II, Taf. 17, 68. — *M. Roeseana* Rabenh.: Schmitz nach Pfitzer II, 134 und 165. — *M. subflexilis* Kütz.: Smith II, Bd. II, p. X, s. *Lysigonium Juergensii.* — *M. undulata* (Ehrenb.?) Kütz.: Müller VI, 326—328.

Odontella Ag. — *O. aurita* (Lyngb.) Ag.: Miquel II. Typus?

Podosira Ehrenb. — ? *P. Montagnei* Kütz. (*Melosira globifera* Harv.), eine verwandte Art: Thwaites III, 167.

Rhizosolenia (Ehrenb.) Brightw. — *Rh. alata* Brightw.: Schütt I; IV, Taf. XXX, 7—27. — *Rh. Bergonii* Perag.: Schütt IV, 569, Taf. XXX, 3—6.

Sceletonema Grev. — *Sc. costatum* (Grev.) Cleve: Schütt IV, 568, Taf. XXX, 1—2.

Schizonema s. *Libellus.*

Terpsinoë Ehrenb. — *T. musica* Ehrenb.: Müller V.

II. Typus (eine Mutterzelle bildet zwei Auxosporen).

Achnanthes Bory. — *A. longipes* Ag.: Smith II, Taf. D, 300. Vergl. Typus I, III, IV.

Rhabdonema Kütz. — *Rh. arcuatum* (Lyngb.) Kütz.: Smith II, Taf. E, 305. Lüders I, 61 beschreibt sehr auffällige Vorgänge. Nach Buffham I polyandrische Conjugation (!?).

III. Typus (zwei Mutterzellen bilden zwei Auxosporen, nach Pfitzer, Schmitz u. A. ohne Conjugation).

Achnanthes Bory. — *A. exilis* Kütz.: Schmitz II, 5. — *A. longipes* Ag.: Lüders I, 59. Vergl. Typus I, II, IV.

Berkeleya Grev. — *B. rutilans* (Trent.) Grun. var. *Dillwynii* (Ag.) Grun.: Kützing II, Taf. 23, II, 2abc. Lüders I, 59.

Brebissonia Grun. — *B. Boeckii* (Kütz.) Grun.: Hauptfleisch I, 3—5.

Cocconeis Ehrenb. — *C. Pediculus* Ehrenb.: Pfitzer II, 87. (Mit Conjugation?) Vergl. Typus I und IV.

Cocconema s. *Cymbella*.

Colletonema Bréb. — *C. lacustre* (Ag.) Kütz. (*C. subcohaerens* Thwait.): Thwaites II, 344; III, 170, Taf. 11, G. Smith II, Taf. E, 353.

Cymbella Ag. — *C. affinis* Kütz.: Borščow I, 108, Taf. B, 3. — *C. Cistula* (Hempr.) Kirchn. (*Cocconema Cist.* Hempr.): Thwaites II, 343, Taf. 22, E. Smith II, Taf. C, 221. Lüders I, 57—58. Schmitz I, 121; II, 4. Borščow I, 104—108, Taf. B, 1a—c. Nach Lüders und Borščow soll hier Copulation eintreten, Schmitz bestreitet letztere auf das Bestimmteste. Auch nach Petit I findet keine Copulation statt. — *C. cymbiformis* (Kütz.) Bréb.: Archer IV, 422. Var. *parva* (W. Smith) v. H. (*Cocconema parvum* W. Smith): Smith II, Bd. II, p. X. — *C. gastroides* Kütz.: Schmitz II, 5. Hallier I. — *C. lanceolata* (Ehrenb.) Kirchn.: Thwaites I, 11; II, 343, Taf. 22, C. Smith II, Taf. C, 219. Schumann I, 173.

Doryphora s. *Raphoneis*.

Encyonema Kütz. — *E. caespitosum* Kütz. var. *Pediculus* (Ehrenb.) Brun (*Cymbella Pediculus* Kütz. nach De Toni): Carter I, 2—3, Taf. I, 13—20. — *E. prostratum* (Berk.) Ralfs: Smith II, Taf. E, 345. Schmitz II, 5.

Frustulia Ag. — *Fr. laevissima* (Kütz.): Carter? cfr. Pfitzer II, 69. — *Fr. rhomboides* (Ehrenb.) De Toni: Carter II, 165, Taf. IV, 11—16. Var. *saxonica* (Rabenh.) De Toni (*Navicula crassinervia* Bréb.): Pfitzer II, 69, Taf. III, 5—9; IV, 4—8. Petit I.

Gomphonema Ag. (s. auch *Rhoicosphenia*). — *G. dichotomum* Kütz.: Smith II, Taf. C, 240. Eine ähnliche Species: Thwaites I, 10; II, 343, Taf. 22, D. — *G. longiceps* Ehrenb. (*G. Mustela* Ehrenb.): Schmidt I, Taf. 72. — *G. olivaceum* (Lyngb.)

Kütz.: Smith II, Taf. D, 244. Pfitzer II, 163. Schmitz II, 5. Var. *vulgare* (Kütz.) Grun. (*Sphenella vulgaris* Kütz.): ? Thwaites VII. Schumann I, 173. — *G. tenellum* W. Smith (*G. parvulum* Kütz.?): Smith II, Bd. II, p. X.

Hantzschia Grun. — *H. amphioxys* (Ehrenb.): Schumann I, 173.

Libellus Cleve. — *L. Grevillei* (Ag.) Cleve: Lüders I, 59. Pfitzer II, 74. Vergl. Typus I.

Mastogloia Thwait. — *M. Dansei* Thwait. ist wahrscheinlich irrthümlich in die Listen derjenigen Bacillariaceen gelangt, bei denen Auxosporen beobachtet sind. Thwaites (III, 171 bis 172), der als Autor citirt wird, erwähnt keine Auxosporen. Lüders (I, 57) nennt allerdings die Gattung unter denjenigen, bei welchen (von der Verfasserin selbst?) Auxosporen beobachtet seien, macht aber weiter gar keine Andeutungen.

Meridion Ag. — *M. circulare* (Grev.) Ag.: Lüders I, 57 und 67, ohne nähere Angaben.

Navicula Bory (s. auch *Frustulia* und *Hantzschia*). — *N. ambigua* Ehrenb.: Schumann V, 716 „im Zonenkleide gesehen". Pfitzer II, 62 (bezeichnet die Form als *N. cuspidata* Kütz. *β ambigua* Ehrenb.). — *N. amphisbaena* Bory: Druce I, 22 (Auxosporen??). — *N. Brebissonii* Kütz. (*Pinnularia Bréb.* Rabenh., *P. stauroneiformis* W. Smith): Schumann V, 716 („im Zonenkleide"). — *N. elliptica* Kütz.: Pfitzer II, 65 (Typus IV?). Miquel II. — *N. firma* Kütz. (*Neidium* Pfitzer): De Bary II, 62. — *N. gibba* (Ehrenb.) Kütz. (*Pinnularia g.* Ehrenb.): Carter II, 165—166, Taf. IV, 17—21. Schumann III, 68. — *N. gibberula* Kütz.: Schumann III, 58. — *N.* [*Pinnularia hemiptera* (Kütz.) W. Smith in Pfitzer]: Pfitzer II, 67, Taf. IV, 2—3. Barker I, 105. — *N. Iridis* Ehrenb. var. *amphirhynchus* (Ehrenb.) De Toni [*Neidium amphirhynchum* Pfitzer]: Griffith I, 92—94, Taf. II, B; III, 75 (?). — *N. limosa* Kütz. (*Neidium* Pfitzer): Schumann V, 716 („im Zonenkleide"). — *N. serians* (Bréb.) Kütz.: Carter II, 163, Taf. IV, 1—10 (Fig. 1, construirt, ist offenbar falsch). Archer III, 86. — *N. stauroptera* Grun. *(Pinnularia)*: Schumann V, 713; *β parva* (ohne Autor): Schumann III, 58 („im Zonenkleide"). — *N. viridis* (Nitzsch.) Kütz. *(Pinnularia)*: Schumann V, 716 („im Zonenkleide").

Neidium s. *Navicula.*

Nitzschia Hass. — *N.* spec.?: Schumann V, 716 („im Zonenkleide“). — *N. palea* (Kütz.) W. Smith: Miquel I. Typus?

Pinnularia s. *Navicula.*

Raphoneis Ehrenb. (*Doryphora* Kütz.): Lüders I, 57 erwähnt die Gattung ohne nähere Angaben.

Rhoicosphenia Grun. — *Rh. curvata* (Kütz.) Grun. (*Gomphonema curv.* Kütz., *G. minutissimum* Ehrenb.): Thwaites I, 11; II, 343, Taf. 22, B. Smith II, Taf. C, 245. Schmitz II, 5. Var. *marina* (W. Smith) Rabenh. (*Gomph. mar.* W. Smith): Smith II, Taf. D, 246. Lüders I, 58.

Schizonema s. *Libellus.*

Sphenella s. *Gomphonema.*

Stauroneis Ehrenb. — *St. Phoenicenteron* (Nitzsch) Ehrenb: Schumann V, 716 („im Zonenkleide“). Archer I, II, V.

IV. Typus (zwei Mutterzellen bilden eine Auxospore durch Conjugation).

Achnanthes Bory. — *A. brevipes* Ag. und *A. longipes* Ag.: Reinhardt II. Die Vorgänge sollen deutlich sexuell sein (?). Vergl. Typus I und III.

Cocconeis Ehrenb. — *C. Pediculus* Ehrenb. (*C. communis* Heib.): Carter I, 2, Taf. I, 1—12 (aus der durch Copulation entstehenden Zygote werden zwei Auxosporen gebildet??). Lüders I, 59. Borščow I, 97, Taf. B, 5. Reinhardt II will an Hunderten von Individuen stets Copulation gesehen, auch die Verschmelzung der Zellkerne beobachtet haben. Vergl. Typus I und III.

Cymatopleura W. Smith. — *C. Solea* (Bréb.) W. Smith: Pfitzer II, 119.

Eunotia Ehrenb. — *E. pectinalis* (Dillw.?) Rabenh. (*Himantidium pect.* Kütz.): Thwaites II, 343, Taf. 22, A. Smith II, Taf. D, 280.

Himantidium s. *Eunotia.*

Navicula Bory. — *N. elliptica* Kütz.: Pfitzer II, 65. Gehört wahrscheinlich nicht hierher, die Beobachtung von Pfitzer ist unvollständig, s. Typus III.

Orthoneis Grun. — *O. binotata* Grun.: Buffham II (?).

Surirayа Turp. — *S. splendida* (Ehrenb.) Kütz.: Focke I, Taf. V, 19—22, sah *S. splendida* in Conjugation und glaubt, dass *S. biseriata* (Ehrenb.) Bréb. (*S. bifrons* Ehrenb.) dabei gebildet werde. — *S. calcarata* Pfitzer: Pfitzer II, 117—119.

V. Typus (die Tochterzellen zweier Mutterzellen bilden durch Conjugation zwei Auxosporen).

Amphora Ehrenb. — *A. ovalis* (Bréb.) Kütz.: Carter I, 3, Taf. I, 21—32. Borščow I, 111—117, Taf. B, 2a—g. Var. *Pediculus* Kütz. (*A. minutissima* W. Smith): Schumann I, 173.

Epithemia Kütz. (*Cystopleura* Bréb.). — *E. Argus* (Ehrenb.) Kütz.: Schumann I, 173. Var. *Goeppertiana* (Hilse) (*Ep. Goepp.* Hilse): Itzigsohn I. — *E. Sorex* Kütz.: Smith II, Taf. A, 9. — *E. turgida* (Ehrenb.) Kütz.: Thwaites I, 9, Taf. IV. Smith II, Taf. A, 2. Lüders I, 58. — *E. Zebra* (Ehrenb.) Kütz.: Thwaites II, 344. Lüders I, 58. Schmitz II, 6.

Rhopalodia O. Müller (*Epithemia*). — *Rh. gibba* (Ehrenb.) O. Müller: Thwaites II, 343, Taf. 22, F. Smith II, Taf. A, 13. Pfitzer II, 84. — *Rh. ventricosa* (Ehrenb.) O. Müller [*Epith. gibba* var. *ventricosa* (Ehrenb.) Grun.]: Smith II, Taf. A, 14.

Ursprung und Behandlung des Materials.

Das Material zu den nachfolgenden Untersuchungen verdanke ich dem Aufenthalte in der Biologischen Station zu Plön, der mir im Sommer 1894 durch eine Unterstützung der Kgl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin ermöglicht wurde. Allerdings stammt das Material nicht aus dem Plöner See selbst, sondern aus dem Verbindungskanal zwischen dem Höft-See, einer Bucht des Behler Sees, und dem grossen Madebröken-See. Von hier hatte Herr E. Lemmermann Anfang August etwas Gallerte von *Schizochlamys gelatinosa* A. Br. mitgebracht, in der sich bei

der Untersuchung mehrere Auxosporen von *Rhopalodia gibba* fanden. Herr Lemmermann hat dieses Vorkommen in seiner Liste der Plöner Algen bereits erwähnt (p. 45). In Folge dieser Beobachtung begab ich mich an den Fundort, sammelte von der *Schizochlamys*-Gallerte, soviel ich erhalten konnte, fixirte das gefundene Material und hob es in Alkohol auf. Die Verarbeitung, die ich erst ein Jahr später vornehmen konnte, hat meine Erwartungen nicht enttäuscht. Zwar war die Durchsuchung recht mühsam, aber sie erwies sich doch als lohnend. Wenn auch grosse Quantitäten der Gallerte keine einzige oder nur wenige Auxosporen enthielten, so fanden sich doch auch mitunter zahlreiche in einem Pröbchen unter dem Deckglase beisammen; ich habe bis gegen 20 gezählt. Im Ganzen wurden gegen 300 Fälle untersucht. Es waren die verschiedensten Entwickelungsstadien vorhanden, und das Freipräpariren ging verhältnissmässig leicht von Statten. Am günstigsten erwies sich eine kleine mit Jod fixirte Probe. Die Untersuchung fand in folgender Weise statt. Das mit Hämatoxylin gefärbte und später mit Glycerin durchtränkte *Schizochlamys*-Material wurde in kleinen Pröbchen unter dem Deckglase zerdrückt und dann durchsucht; waren Auxosporen darin, so wurden diese nach Entfernen des Deckglases mit Hilfe möglichst dünn geschliffener Nadeln, Capillarröhrchen, dünner Igelborsten etc. herauspräparirt, alles unter Anwendung eines schwachen Objectivs (Seibert I). Dann wurden dieselben auf einen mit Gummi arabicum bestrichenen Objectträger gebracht, in der durch das anhaftende Glycerin erweichten Gummimasse in die geeignete Lage gebracht, in dieser durch kurzes Uebergiessen mit Alkohol befestigt und dann nach successiver Behandlung mit Phenol, Kreosot und Xylol in Canadabalsam eingeschlossen oder auch direct aus Alkohol in Xylol und dann in Balsam gebracht. Das Gummi, das sich beim Zusatze des Alkohols trübt, wird schon bei dem Zusatze von Phenol oder Xylol wieder vollkommen aufgehellt. Vielfach war es nöthig, die frei präparirten Zellen vor dem Festkleben auf dem Objectträger nachzufärben, oder sie zur besseren Differenzirung der Färbung kurze Zeit mit Chlorwasserstoffdämpfen und dann mit Ammoniak zu behandeln.

Bau der Zellhaut.

Bevor ich auf die Vorgänge bei der Auxosporenbildung der *Rhopalodia gibba* selbst näher eingehe, scheint es mir wünschenswerth, einen Blick auf die Beschaffenheit der Kieselpanzer zu werfen. Um ein klares Bild von dem Bau derselben zu erhalten, ist es nöthig, in erster Linie den Transapicalschnitt[1]) der Panzer zu berücksichtigen. Es gelingt durch Einbetten in Paraffin, Schnitte in dieser Ebene herzustellen; entsprechende optische Durchschnitte erhält man auch, wenn man die Zellen in senkrecht aufgerichteter Stellung auf dem Objectträger, etwa mit Leim, befestigt und sie dann in Balsam untersucht. Die auf diese Weise erhaltenen Durchschnitte (Fig. 21, 25 u. 26, Taf. X) haben annähernd die Gestalt eines Kreisringsectors, dessen Bogen 90° oder etwas mehr beträgt, und dessen grösserer Radius etwa doppelt so gross ist als der kleinere, falls der Schnitt in der Nähe der Zellenenden geführt ist, und noch etwas grösser, falls er durch die Mitte geht. Denkt man sich die Wand einer dickwandigen cylindrischen Röhre durch zwei senkrecht aufeinander stehende Achsenschnitte in vier Quadranten zerlegt, so würde einer dieser Quadranten etwa der Grundgestalt der Zelle entsprechen. Im Folgenden soll die convexe Seite dieser Grundgestalt als dorsale, die concave als ventrale Seite der Zelle bezeichnet werden. Von den Begrenzungsflächen der Grundgestalt gehören die beiden Achsenschnittebenen, sowie die unmittelbar daran schliessenden Theile der beiden Cylindermantelflächen den Schalen (Valvae) an, und zwar von der ventralen (concaven) Mantelfläche nur ein sehr schmaler Streifen, von der dorsalen dagegen ein breiterer, der dem Achsenschnitte etwa zu $^3/_4$ an Breite gleichkommt. Im Anschlusse an die obige Bezeichnung

---

1) Bei der folgenden Darstellung schliesse ich mich thunlichst der von O. Müller (IX, p. 223—229; X, p. 69) vorgeschlagenen Terminologie an, nur gebrauche ich statt *valva*, *copula*, *pleura* die bekannten deutschen Ausdrücke und nenne die ganze Kieselmembran (*theca*, Müller) Panzer, die beiden Hälften derselben (*epitheca* und *hypotheca*, Müller), deren Unterscheidung für meine Zwecke nicht nöthig ist, Panzerhälften. Der oben erwähnte Transapicalschnitt ist scheinbar ein Querschnitt, nach der Müller'schen Bezeichnungsweise aber ein Längsschnitt.

wird man den auf der convexen Seite liegenden Schalentheil zweckmässig den dorsalen Theil, den Achsenschnitt und den schmalen auf der concaven Seite liegenden Theil dagegen den ventralen Theil der Schale nennen. Der Rest der beiden Cylindermantelflächen setzt sich aus zwei Zwischenbändern und wahrscheinlich nur einem Gürtelbande zusammen. Der Nachweis, dass diese Gebilde getrennt nebeneinander vorhanden sind, ist mit Schwierigkeiten verknüpft. Die gefärbten Balsampräparate gaben keinen völlig genügenden Aufschluss. Geeigneter erwies sich Material, das mit Salpetersäure und Kaliumchlorat gekocht war und später theils trocken, theils in Styrax oder in Monobromnaphthalin untersucht wurde. Neben vollständigen Panzerhälften findet man darin solche, an denen sich das Gürtelband ganz oder theilweise (Fig. 27 und 28, Taf. X) vom Zwischenbande abgelöst hat, sowie auch ganz abgelöste Gürtelbänder. Zwischenband und Gürtelband sind beide an der convexen Seite breiter als an der concaven; das Zwischenband ist überhaupt breiter als das Gürtelband, namentlich an der concaven Seite. Selbst in den genannten stark lichtbrechenden Medien macht übrigens die genaue Feststellung der Gestalt dieser Bänder allerhand Schwierigkeiten.

Von der cylindrisch rinnenförmigen Grundgestalt, die oben besprochen wurde, weicht die wahre Gestalt der Zellen in mehrfacher Beziehung ab. (Vergl. die Abbildungen.) Erstens sind die Zellen an den Enden nicht gerade abgestutzt, sondern unter gelinder Verbreiterung abgerundet; die convexe Gürtelbandseite und der daran schliessende dorsale Schalentheil biegen sich hakenförmig nach der concaven Seite um und darüber hinaus und vereinigen sich dann mit der letzteren, die zuvor auch eine gelinde Krümmung in demselben Sinne macht, wie die convexe. Zweitens sind die Zellen in der Mitte verbreitert, indem der Radius der convexen Fläche in der Mitte etwas grösser ist und von da nach den Enden zu allmählich abnimmt. Durch diese Abweichungen von der Grundgestalt erhält die ventrale Seite der Schale (die Hauptseite) ihre zierlich geschwungene buckelig-klammerförmige (⏞) Gestalt; ebenso erhalten die Umrisslinien des ganzen Panzers, und zwar je nach der Lage desselben auf einer (Fig. 10 etc., Taf. X) oder auf beiden Seiten (Fig. 6, 17,

Taf. X), diese klammerförmige Gestalt. Die dritte Abweichung besteht darin, dass der Flächenwinkel, den die ventrale Seite der Schale mit der dorsalen bildet, etwas spitzer ausgezogen ist, als der Grundgestalt entsprechen würde, und dass die dorsale Seite im Transapicalschnitte eine wellenförmige Krümmung zeigt (Fig. 25, Taf. X). Auf der dem erwähnten Winkel entsprechenden kielförmigen Kante (Fig. 1 links, Taf. X) verläuft die Raphe[1]); man erkennt leicht einen Mittelknoten (Fig. 1, 10, Taf. X) und bei geeigneter Lage des Panzers zwei deutliche Endknoten (Fig. 23, Taf. X).

Ueber die feineren Sculpturen der Panzer ist das Folgende zu bemerken. Die gesammte Schale ist zierlich quergestreift (d. h. in der Richtung senkrecht zur Apicalachse); es finden sich etwa 7 Riefen auf 10 μ. Zwischen den Querrippen ist bei starker Vergrösserung und schiefer Beleuchtung eine feine Strichelung nachweisbar, die parallel zur Apicalachse verläuft. Die Zwischenbänder und das Gürtelband zeigen nur sehr wenig Sculptur. Auf dem dorsalen Zwischenbandtheile sind zwei etwas von einander entfernte Punktreihen nachweisbar (Fig. 27, auch 10, 12 etc., Taf. X), von denen die eine der Grenze der Schale ziemlich nahe liegt; die ventrale Zwischenbandseite hat nur eine solche Punktreihe (Fig. 28, Taf. X). Ausserdem scheint an dem Rande, der an die Schale grenzt, eine Reihe von zackigen Höckern vorhanden zu sein; der Abstand derselben von einander entspricht dem der Rippen der Schale. Vielleicht dienen diese Höcker zur Verankerung des Zwischenbandes an der Schale, doch vermag ich Sicheres darüber nicht anzugeben. Am Gürtelbande ist eine feine Punktreihe an demjenigen Rande der dorsalen Seite vorhanden, der an das Zwischenband grenzt (Fig. 27, Taf. X). Im Uebrigen konnte ich an den durch Mazeration mit Salpetersäure und chlorsaurem Kali abgelösten Gürtelbändern keine Structur auffinden. Dagegen wurde an den in Canadabalsam liegenden conjugirenden Paaren, wenn dieselben dem Beobachter ihre

---

1) O. Müller (X, p. 54) ist zu der Ueberzeugung gelangt, dass die Pseudoraphe des Genus *Epithemia*, wenigstens mehrerer Arten desselben, zu denen er *E. gibba* rechnet, mit grosser Wahrscheinlichkeit als echte Raphe gelten muss. Im Folgenden werden mehrere Beobachtungen mitgetheilt, die auch für diese Ansicht sprechen.

Gürtelbandseite zukehren, bei sehr schiefer Beleuchtung mit sehr hellem Lichte eine feine Querstreifung am Gürtelbande nachweisbar (Fig. 6, Taf. X), und da an jeder Zelle nur ein solcher quergestreifter Theil sich zeigte, so schliesse ich, dass die conjugirenden Zellen, und daher wahrscheinlich die vegetativen, sich nicht theilenden Zellen überhaupt, nur ein Gürtelband besitzen.

Für die richtige Deutung der Sculpturen der Schale ist das Aussehen lufterfüllter, in Balsam liegender Panzer beachtenswerth. Solche Objecte entstehen mitunter zufällig, wenn eine Zelle bei der Präparation eintrocknet und hernach von dem Einschlussmedium nicht durchdrungen wird. Es leuchtet ein, dass die Lufteinschlüsse sich der inneren Wandfläche der Zellen genau anschliessen. Ist die Zellwand innen glatt, so muss auch die Oberfläche der Luftblase glatt sein, und es wird an derselben nichts Besonderes wahrnehmbar sein. Dringen aber Theile der Wand, z. B. Rippen, nach innen vor, so muss die Structur der Wandfläche durch den Unterschied im Lichtbrechungsvermögen zwischen den vorspringenden Wandtheilen und der zwischen dieselben eindringenden Luft besonders stark hervortreten. Das letztere ist in der That der Fall. Sind die Zellen nicht ganz mit Luft gefüllt, so kann man ferner beobachten, dass sich nach der Kielseite der Schale zu theilweise von der Hauptluftmasse abgesonderte Bläschen bilden, die in ihrer Anzahl den auf derselben Strecke vorhandenen Rippen (7 auf 10 μ) genau entsprechen und die Beziehung zu denselben gewöhnlich auch unmittelbar deutlich verfolgen lassen. Meines Erachtens folgt hieraus mit völliger Sicherheit, dass die Zeichnung der Schalen von *Rhopalodia gibba* auf einer Structur der Innenseite der Zellwand beruht. Uebrigens haben sich bereits Pritchard (I, 759) und Pfitzer (II, 84) in demselben Sinne ausgesprochen, während bei zahlreichen anderen Bacillariaceen die Zeichnung der Zellwand auf centrifugalen Wandverdickungen beruhen soll (Pfitzer III, 415—420).

In Folge der eigenthümlichen Gestalt der Panzer sieht man die einzelnen Zellen gewöhnlich von einer der Gürtelbandseiten. Das Bild, das man so erhält, wird durch zwei der Apicalachse parallele Linien in drei Theile getheilt; der mittlere Theil, der

thun könnte, als auf Grund irgend einer der vorhandenen Hypothesen eine neue über diese Vorgänge ausbauen.

Bevor ich diese Mittheilungen schliesse, erfülle ich die angenehme Pflicht, denjenigen Herren, die mich bei der Ausführung der Arbeit unterstützt haben, meinen verbindlichsten Dank abzustatten. Es sind die Herren Prof. Dr. Dennstedt, Prof. Dr. R. Sadebeck und Prof. Dr. E. Zacharias in Hamburg, welche mir die Benutzung der in ihren Instituten befindlichen Instrumente gestatteten, Herr Dr. M. Schöp[illegible] in Hamburg, dem ich die Ausführung einiger Mikrophotographien verdanke, Herr E. Lemmermann in Bremen, der mir die Liste der mit Auxosporen beobachteten Bacillariaceen nach der mir nicht zugänglichen Sylloge Algarum von De Toni ordnete und ganz besonders Herr O. Müller in Berlin, der mir einige mir fehlende Literatur sandte und mir beim Studium der Kieselpanzer seinen Rath in liebenswürdiger Weise zu Theil werden liess.

Literatur-Verzeichniss.

Die mit einem * bezeichneten Schriften beziehen sich nicht oder nur nebensächlich auf Bacillariaceen. Die am Schlusse mit n. v. bezeichneten waren mir nicht zugänglich.

Archer: I. Conjugated state of *Stauroneis Phoenicenteron*. Quart. Journ. Micr. Science, VIII, 1868, 189. — II. On the Conjugation of *Stauroneis Phoenicenteron*. Daselbst, XI, 1871, 321. — III. On the conjugated state of *Navicula serians*. Daselbst, XII, 1872, 86. — IV. On the conjugated state of *Cocconema cymbiforme*. Daselbst, XII, 1872, p. 422. — V. Conjugated state of *Stauroneis Phoenicenteron*. Daselbst, XV, 1875, p. 411.

Barker: I. Conjugated state of *Pinnularia hemiptera*. Quart. Journ. Micr. Science, XV, 1875, p. 105.

*De Bary: I. Untersuchungen über die Familie der Conjugaten, 1858. — II. Bericht über die Fortschritte der Algenkunde i. d. J. 1855—57. Botan. Zeitung 1858, Beilage, p. 62.

Borščow: I. Die Süsswasser-Bacillariaceen (Diatomaceen) des südwestlichen Russlands. Kiew 1873.

*Braun: I. Betrachtungen über die Erscheinung der Verjüngung in der Natur. 1851, p. 141, Anm.

Bütschli: I. Ueber die sog. Centralkörper der Zelle und ihre Bedeutung. Verhandl. des naturh.-med. Vereins zu Heidelberg. N. F., Bd. IV, Heft 5, 3. Juli 1891. — II. Mittheilungen über die Bewegung der Diatomeen. Ebendaselbst, Bd. IV, Heft 5, 4. März 1892.

Buffham: I. Conjugation of *Rhabdonema arcuatum*. Journ. Quekett micr. Club, II, 1885, p. 131; n. v. — II. Conjugation in Diatomaceae. Daselbst, V, 1892, p. 27; n. v.

Carter: I. On the Conjugation of *Cocconeis*, *Cymbella* and *Amphora*. Ann. and Mag. of Nat. Hist., 2. ser., XVII, 1856, p. 2, Taf. I. — II. Conjugations of *Navicula serians*, *N. rhomboides* and *Pinnularia gibba*. Daselbst, 3. ser., XV, 1865, 161.

*Chmielevsky: I. Matériaux pour servir à la morphologie et physiologie des procès sexuels chez les plantes inférieures. Arb. d. Gesellsch. d. Naturforscher d. Charkower Universität, Bd. XXV. Russisch.

Cox: I. Étude sur le mode de végétation et de réproduction de *l'Isthmia nervosa*. Americ. micr. Journ., 1879. Uebersetzt Brebissonia, I, 13; n. v.

Druce: I. Conjugation in Diatomaceae. Quart. Journ. micr. science, V, 1857, 22.

*Farmer, J. Bretland: I. Studies in Hepaticae. On *Pallavicinia decipiens*. Annals of Botany, VIII, No. XXIX, March 1894.

Focke: I. Physiologische Studien. 2. Heft. 1854.

Griffith: I. On the Conjugation of the Diatomaceae. Ann. and Mag. of Nat. Hist., 2. ser., XVI, 1855, 92—94, Taf. III. — II. Micrographic Dictionary, 1855, Taf. 41; n. v. — III. On the siliceous sporangial sheath of the Diatomaceae. Ann. Mag. Nat. Hist., 2. ser., XVIII, 1856, 75.

*Haecker: I. The Reduction of the Chromosomes in the Sexual cells as described by Botanists: A reply to Prof. Strasburger. Ann. of Botany, IX, No. XXXIII, March 1895.

Hallier: I. Auxosporenbildung von *Cymbella gastroides* Kütz. Humboldt, 1882, Heft 4; n. v.

Hauptfleisch: I. Die Auxosporenbildung von *Brebissonia Boeckii* Grun. Die Ortsbewegung der Bacillariaceen. Mittheil. des naturwiss. Vereins für Neu-Vorpommern und Rügen, 27. Jahrgang, 1895.

*Heidenhain: I. Neue Untersuchungen über die Centralkörper und ihre Beziehungen zu Kern- und Zellenprotoplasma. Archiv f. mikr. Anatomie, Bd. 43, 1894, 423—758.

Hempel: I. Algenflora der Umgegend von Chemnitz. VII. Bericht der naturwiss. Gesellsch. zu Chemnitz, 1881, 134.

*Hertwig, R.: I. Ueber die Conjugation der Infusorien. Abhandl. d. math.-phys. Klasse d. K. bayer. Akad. d. Wiss., XVII, 1889, 1. Abtheil., 153—233.

Hofmeister: I. Ueber die Fortpflanzung der Desmidiaceen und Diatomeen. Ber. üb. d. Verhandl. d. K. Sächs. Gesellsch. d. Wiss. zu Leipzig, math.-phys. Klasse, VIII, 1856, 18—37.

Itzigsohn: I. *Epithemia Goeppertiana* copulata. Hedwigia, V, 1866, p. 5, Taf. I.

*Klebahn: I. Ueber die Zygosporen einiger Conjugaten. Ber. d. Deutsch. Botan. Gesellsch., VI, 1888, 160—166. — II. Studien über Zygoten I. Pringsheim's

Petit: I. Note sur le développement des auxospores chez le *Cocconema Cistula* Ehrenb. Bull. Soc. Bot. de France, XXXII, 1884, p. XLVIII; n. v.

Pfitzer: I. Ueber Bau und Zelltheilung der Diatomaceen. Sitzungsber. d. Niederrhein. Gesellsch. f. Natur- u. Heilkunde zu Bonn 1869, 86—88. Botan. Zeitung 1869, 774. — II. Untersuchungen über Bau und Entwickelung der Bacillariaceen. Botan. Abhandlungen aus d. Gebiet d. Morph. u. Physiol., herausg. von Prof. Dr. J. Hanstein. II. Heft, 1—189. — III. Die Bacillariaceen, in Schenk, Handbuch der Botanik, 2. Bd., 1882. — IV.* Ueber ein Härtung und Färbung vereinigendes Verfahren für die Untersuchung des plasmatischen Zellleibs. Ber. der Deutsch. Botan. Gesellsch., I, 1883, p. 44—47.

***Poirault et Raciborski:** I. Sur les noyaux des urédinées. Journal de Botanique, 9e année.

Pritchard: I. History of Infusoria, including the Desmidiaceae and Diatomaceae. 4th edition. London 1861.

Rabenhorst: I. Die Süsswasser-Diatomaceen. Leipzig 1853.

Ralfs: I. On the Diatomaceae. Ann. Mag. Nat. Hist., XII, 1843, 104, 270, 346 ff.

Reinhardt: I. Zur Morphologie und Systematik der Bacillariaceen. Botan. Zeitung 1875, 633. — II. Beobachtungen, die Morphologie der Bacillariaceen betreffend. Botan. Centralblatt, XVIII, 1884, p. 191. — III. Algologische Untersuchungen I. Materialien zur Morphologie und Systematik der Algen des Schwarzen Meeres. Odessa 1885. Russisch; n. v.

Schaarschmidt: I. Beiträge zur näheren Kenntniss der Theilung von *Synedra Ulna*. Klausenburg 1883. Ungarisch.

Schmidt: I. Atlas der Diatomaceenkunde. Taf. 72, Heft 17—18; n. v.; nach Grunow's Referat im Botan. Centralblatt, VIII, 1881, 130.

Schmitz: I. Die Bildung der Auxosporen von *Cocconema Cistula* Ehrenb. Botan. Zeitung, 1872, 217—226. — II. Ueber die Auxosporenbildung der Bacillariaceen. Sitzungsber. der naturforschenden Gesellsch. zu Halle 1877. — III. Die Chromatophoren der Algen. Verhandl. des naturhist. Vereins der pr. Rheinlande und Westfalens. 40. Jahrgang, 1883. — IV. Beiträge zur Kenntniss der Chromatophoren. Pringsheim's Jahrb. f. wissensch. Botanik, Bd. XV, 1884, 1—177.

Schumann: I. Preussische Diatomeen. Schriften der phys.-ökonom. Gesellsch. zu Königsberg, 1862, 166. — II. Erster Nachtrag. Daselbst 1864. — III. Zweiter Nachtrag. Daselbst 1867, 58. — IV. Die Diatomeen der hohen Tatra. Verhandl. d. zool. botan. Gesellsch. Wien 1867. Beilage. — V. Beiträge zur Naturgeschichte der Diatomeen. Daselbst 1869.

Schütt: I. Auxosporenbildung von *Rhizosolenia alata*. Ber. d. Deutsch. Botan. Gesellsch., IV, 1886, 8—14. — II. Die Diatomeengattung *Chaetoceras*. Botan. Zeitung, 1888, 162. — III. Ueber Auxosporenbildung der Gattung *Chaetoceras*. Ber. d. Deutsch. Botan. Gesellsch., VII, 1889, 361—363. — IV. Wechselbeziehungen zwischen Morphologie, Biologie, Entwickelungsgeschichte und Systematik der Diatomeen. Ber. d. Deutsch. Botan. Gesellsch., XI, 1893, 563—571.

Smith, H. L.: I. Contributions à l'histoire des Diatomées. Journ. de Micr. 1888 u. 1889; n. v.

Smith, W.: I.* Observations on the Conjugation of *Closterium Ehrenbergii*. Ann. Mag. Nat. Hist., II. ser. Vol. V. 1850, 1—5. — II. A Synopsis of the British Diatomaceae. 2 Bde. London 1853 und 1856.

*Strasburger: I. Ueber periodische Reduction der Chromosomenzahl im Entwickelungsgang der Organismen. Biolog. Centralblatt, XIV, No. 23 u. 24. 1894. — II. Karyokinetische Probleme. Pringsheim's Jahrbücher, Bd. XXVIII.

Thwaites: I. On Conjugation in the Diatomaceae. Ann. Mag. Nat. Hist., I. ser. Vol. XX, 1847, 9—11 (cfr. IV). — II. On Conjugation in the Diatomaceae. Daselbst 343—344 (cfr. V). — III. Further observations on the Diatomaceae. Daselbst, II. ser. Vol. I, 1848, 161—172 (cfr. VI). — IV. Sur la conjugaison des Diatomées. Ann. des sciences nat. Botan., VII, 1847, p. 374—375 (entspricht I). — V. Sur la conjugaison etc. 2. Note. Daselbst, IX, 1848, 60—63. Taf. 2 u. 3 (entspricht II). — VI. Nouvelles observations sur les Diatomées. Daselbst, XII, 1849, 5—20. Taf. 1—2 (entspricht III). — VII. On Conjugation in the Diatomaceae. Report of the 17. meeting of the British Association for the advancement of Science, held at Oxford in June 1847. London 1848. Notices and abstract of Communications etc., p. 87.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel X.

Fig. 1. Zwei Zellen von *Rhopalodia gibba* haben sich zum Zwecke der Conjugation und Auxosporenbildung mittels Gallertkappen aneinander befestigt (vergl. Fig. 22 u. 23; in den übrigen Abbildungen sind die Gallertkappen nicht mit dargestellt). Der Zellinhalt (Chromatophoren, zwei Pyrenoide, ein Zellkern) noch unverändert. Beide Zellen in Schalenlage, aber nicht genau von derselben Seite; links die Raphe als helle Linie gezeichnet. $\frac{640}{1}$.

Fig. 2. Zellkern und Pyrenoide eines etwas weiter vorgeschrittenen Stadiums in der Gürtelbandlage (vergl. Fig. 6). Der Kern in Vorbereitung zur Mitose. $\frac{824}{1}$.

Fig. 3—5. Kerntheilungszustände. Fig. 4*b* in Schalenlage, die übrigen in Gürtelbandlage. Vergl. die ausführliche Besprechung im Texte, p. 633 ff. $\frac{824}{1}$.

Fig. 6. Conjugirendes Paar in Gürtelbandlage, die beiden Zellen von ziemlich verschiedener Grösse. Protoplasma nur von der oberen Zelle dargestellt; es sind jetzt zwei Zellkerne vorhanden. $\frac{640}{1}$.

Fig. 7. Die beiden Kerne in der zweiten Mitose. *a* Gürtelbandlage. *b* Dasselbe Object in Schalenlage (um 90° gedreht). $\frac{824}{1}$.

Fig. 8. Es sind vier ziemlich gleich grosse Kerne entstanden. Gürtelbandlage. $\frac{824}{1}$.

Fig. 9. Theil eines conjugirenden Paares in einer zwischen Schalen- und Gürtelbandlage etwa die Mitte haltenden Lage. Die beiden Zellen, von denen die eine sich einzuschnüren beginnt, bei verschiedener Einstellung nebeneinander sichtbar. Zwei der Zellkerne jeder Zelle sind gross, die beiden anderen klein geworden. $\frac{824}{1}$.

Fig. 10. Conjugirendes Paar in Schalenlage, jede Mutterzelle in zwei Tochterzellen zerfallen, deren jede, ausser dem Pyrenoid, einen Grosskern und einen Kleinkern enthält. Die bevorstehende Conjugation wird bereits durch die Vorwölbung der Gallerte angedeutet. $\frac{640}{1}$.

Fig. 11. Die zwei Tochterzellen der einen Mutterzelle eines gleichen Entwickelungszustandes in Gürtelbandlage. $\frac{824}{1}$.

Fig. 12. Die Conjugation der gegenüberliegenden Tochterzellen hat stattgefunden. Der eine Kleinkern war nicht mit Sicherheit nachweisbar. Schalenlage. $\frac{640}{1}$.

Fig. 13. Zwei vor Kurzem verschmolzene Tochterzellen in gleicher Entwickelung und in gleicher Lage wie Fig. 12.

Fig. 14. Die hantelförmige Gestalt der Zygoten (Fig. 12 u. 13) ist in eine längliche übergegangen. Die Kleinkerne sind verschwunden. Schalenlage. $\frac{640}{1}$.

Fig. 15. Die Zygoten strecken sich in der Richtung der Transapicalachse der Mutterzellen. Die Gallerthüllen werden auffälliger. Schalenlage. $\frac{640}{1}$.

Fig. 16. Die jungen Auxosporen haben die Länge der Mutterzellen erreicht und das Zonenkleid ausgebildet. Zellkerne noch getrennt. $\frac{640}{1}$.

Fig. 17. Ein ähnliches Stadium. Die Zellkerne bereits vereinigt. Die Panzerhälften mehr angedrückt und daher von etwas anderem Aussehen. Gallerte fortgelassen. $\frac{640}{1}$.

Fig. 18. Mitte eines ähnlichen Stadiums. Der eine Kern hat zwei Nucleolen. $\frac{640}{1}$.

Fig. 19. Endstadium der Auxosporenbildung, schwächer vergrössert. Innerhalb des Zonenkleides werden die Panzer der Erstlingszellen sichtbar. $\frac{354}{1}$.

Fig. 20. Mitte eines ähnlichen Stadiums, stärker vergrössert. $\frac{640}{1}$.

Fig. 21. Schema der Anordnung der Auxosporen und der Panzerhälften der Mutterzellen im Transapicalschnitte der letzteren. Die Nummern bezeichnen die hauptsächlichsten Lagen der Panzerhälften zur Mikroskopachse. S. den Text, p. 611. $\frac{354}{1}$.

Fig. 22. Panzerenden eines conjugirenden Paares in Gürtelbandlage. Man sieht die die Befestigung bewirkenden Gallertkappen, sowie den im Innern der Panzer gebildeten Gallertlängsstreifen. Letzterer ist nur von der oberen Zelle dargestellt. $\frac{640}{1}$.

Fig. 23. Panzerenden eines bereits weit vorgeschrittenen Stadiums, noch durch Gallertkappen verbunden. Annähernd Schalenlage. $\frac{640}{1}$.

Fig. 24. Panzerende einer vegetativen Zelle, die sich getheilt hat, in Gürtelbandlage. Man sieht in der Mitte die Dorsalseiten der neuen Schalen und am Ende die sehr schmalen Gallertkappen. Vergl. Fig. 26. $\frac{640}{1}$.

Fig. 25. Zwei Transapicalschnitte vegetativer Zellen, schematisch, zugleich zur Veranschaulichung der Aneinanderlagerung conjugirender Zellen. $\frac{824}{1}$.

Fig. 26. Transapicalschnitt einer sich theilenden Zelle, schematisch. Vergl. Fig. 24. $\frac{824}{1}$.

Fig. 27. Endtheil einer Panzerhälfte, annähernd in Gürtelbandlage, dorsale Seite. Schalentheil quergerippt, Zwischenband mit Punktreihen, Gürtelband in Folge Maceration theilweise abgelöst. $\frac{824}{1}$.

Fig. 28. Ventralseite desselben Objectes, bei tieferer Einstellung gezeichnet. $\frac{824}{1}$.

Fig. 29. Kerntheilung in einer vegetativen Zelle. Gürtelbandlage. $\frac{824}{1}$.

Fig. 30. Die beiden Tochterkerne desselben Objectes wie Fig. 29, bei der Präparation getrennt und in andere Lagen gebracht; *a* ziemlich genau um 90° gedreht, *b* um einen kleinen Winkel gedreht. S. den Text, p. 615. $\frac{824}{1}$.

Sämmtliche Zeichnungen sind mit dem Zeichenspiegel entworfen, nur die Umrisse der Gallerte in Fig. 15, 16 und 19 wurden nach Glycerinpräparaten verändert, um nicht die geschrumpfte Gallerte der Balsampräparate darzustellen. Bei der Ausführung von Fig. 5 und 30*a* wurden Mikrophotographien zu Hilfe genommen.

Ueber das Verhalten der Kerne bei der Fruchtentwickelung einiger Ascomyceten.

Von

Rob. A. Harper aus Chicago.

Mit Tafel XI und XII.

Die einst von De Bary vertretene Ansicht, die Befruchtung könne durch blossen Contact der Geschlechtszellen bewirkt werden, hat sich im Laufe der Zeit als unhaltbar erwiesen; seine Annahme einer Geschlechtlichkeit der Ascomyceten wird aber zu Recht bestehen bleiben.

Das Vorhandensein eines Ascogons war von Tulasne[1]) und Kihlman[2]) für *Pyronema*, von Woronin[3]) für *Ascobolus*, *Peziza*, *Sordaria* und *Sphaeria*, von Brefeld[4]) für *Penicillium* und von De Bary[5]) selbst für die *Erysipheen* und *Eurotium* angegeben worden, und so lag es denn nahe, seine Existenz bei den Ascomyceten ganz allgemein zu vermuthen. Durch die Untersuchungen Janczewski's[6]) wurde dann weiter festgestellt, dass auch bei den complicirteren Formen, wie *Ascobolus*, die Schläuche nur von

---

1) Note sur les Phenomènes de Copulation d. l. Champignons. Ann. d. Sc. Nat., 5 Ser., VI, p 216.

2) Zur Entwickelungsgeschichte der Ascomyceten. Acta Soc. Sc. Fennicae, Tom. XIII.

3) Zur Entwickelungsgeschichte des *Ascobolus pulcherrimus* und einiger Pezizeen. Beitr. zur Morphologie und Physiologie der Pilze, II. Reihe, p. 1.
Sphaeria lemaneae, *Sordaria coprophila* u. s. w. l. c., III. Reihe, p. 1.

4) Botanische Untersuchungen über Schimmelpilze, Bd. IV.

5) A. Ueber die Fruchtentwickelung der Ascomyceten. Leipzig 1863.
B. *Eurotium*, *Erysiphe*, *Cicinnobolus* nebst Bemerkungen über die Geschlechtsorgane der Ascomyceten. Beitr. zur Morphologie und Physiologie der Pilze, III. Reihe, 1870.

6) Morphol. Untersuchungen über *Ascobolus*. Botan. Zeitung 1871, p. 275.

den ascogenen Hyphen gebildet werden. Dass das Ascogon aus einer befruchteten Eizelle hervorgeht, war von De Bary für die *Erysipheen* und *Eurotium* und von Tulasne und Kihlman für *Pyronema* festgestellt worden.

Der erste Hinweis auf die geschlechtliche Fortpflanzung der Ascomyceten war vielleicht in der Entdeckung De Bary's[1]) von der Geschlechtlichkeit der Peronosporaceen gegeben. Dadurch wurde ein neuer Typus des Geschlechtsapparates bekannt. Die Vereinigung der männlichen und weiblichen Elemente stellte sich in diesem Falle dar als Copulation einer grösseren Oogoniumzelle mit einem verhältnissmässig dünneren Antheridiumzweig.

Schon vorher hatte Pringsheim[2]) einen ähnlichen Geschlechtsapparat bei den Saprolegniaceen entdeckt, wobei doch die Verschmelzung des Spermaplasmas mit dem Eiplasma nicht sicher festgestellt werden konnte.

Diese Entdeckungen stellten einen neuen Fortpflanzungsmodus bei den Oosporeen fest, der sich in ganz bestimmter Weise von dem bei *Vaucheria* und *Fucus* unterschied. Es war zu erwarten, dass die höheren Pilze eine noch weitere Stufe in der Ausbildung der Sexualorgane aufweisen könnten, entsprechend den Florideen in der Abtheilung der Algen.

Durch die Untersuchung von *Sphaerotheca castagnei* bewies dann De Bary, dass dem ganzen Ascusfruchtkörper ein Befruchtungsact vorangeht und dass der Geschlechtsapparat hier wesentlich derselbe ist wie bei *Pythium* oder im Princip noch den diklinen Saprolegnieen näherstehend. Die Eizelle wird von einer Reihe Hüllfäden, die aus ihrer Stielzelle hervorsprossen, eingehüllt, und mit dieser Schutzvorrichtung ausgestattet entwickelt sie sich weiter. Im weiteren Laufe der Entwickelung wird sie durch eine Scheidewand getheilt, die obere Zelle bildet den achtsporigen Ascus, während die untere als einfache Stielzelle fungirt.

So entsteht eine ungeschlechtliche Sporenfrucht; hierauf stützt De Bary seinen Vergleich zwischen den Ascomyceten

1) Recherches sur le Dév. de quel. Champignons parasites. Ann. d. Sc. Nat., 4 Sér., Tom. XX, 1863. — Beitr. z. Morphologie u. Physiologie d. Pilze, IV, 1881.

2) Beitr. zur Morphologie und Systematik der Algen. II. Die Saprolegnieen. Jahrb. f. wiss. Botanik, I, p. 284, 1858.

und den Florideen. Bei dem Befruchtungsact konnte De Bary keine Copulation zwischen Eizelle und Antheridium feststellen; die Aehnlichkeit der betreffenden Organe mit denjenigen von *Pythium* aber liess keinen Zweifel über ihre geschlechtliche Natur aufkommen. Bei *Podosphaera tridactyla*[1]) fand De Bary, dass das befruchtete Oogonium sich in drei Zellen theilte, von denen wieder die oberste sich als Ascus entwickelte. Für solche Arten, die mehrere Ascen in dem Perithecium erzeugen, stellte er fest[2]), dass das Ascogon eine Reihe von ungefähr acht Zellen bildet. Diese Zellen konnten alle, so meinte er, in ascogene Hyphen auswachsen, von deren Zellen wieder einige, meistens intercalar stehende, sich als Ascen entwickelten.

De Bary's Beschreibung des Geschlechtsapparates bei *Eurotium*[3]) lässt sich nicht mit unserer jetzigen Kenntniss vom Befruchtungsacte in Einklang bringen. Es soll hier nur die obere Zelle eines bereits mehrzelligen Ascogons befruchtet werden, während die ascogenen Hyphen von den unteren Zellen ohne Copulation mit der befruchteten Zelle auswachsen. Dies entspricht dem Vorgang bei einigen Florideen, wie er von Bornet und Thuret[4]) beschrieben wurde. Nach den Arbeiten von Schmitz[5]) jedoch sind wir zu dem Schluss berechtigt, dass bei den Florideen in allen solchen Fällen eine Copulation mit solchen secundären Zellen vermittelst der sogenannten Ooblastemafäden stattfindet.

Die wichtigsten Stadien bei der Entwickelung des Peritheciums von *Sphaerotheca castagnei* Len. habe ich bereits kurz geschildert[6]). Hier will ich einige weitere Angaben über den Befruchtungsact und besonders die Bildung des Ascuskernes bei demselben Pilze hinzufügen; auch der Vollständigkeit wegen will ich das Verhalten der Kerne im Mycel und bei der Conidienbildung kurz beschreiben.

Die allerersten Anlagen der Perithecien, in welchen der

---

1) l. c. B., p. 35.
2) l. c. B., p. 36.
3) l. c. B., p. 1.
4) Ann. d. Sc. Nat., 5. Sér., T. VII, p. 137.
5) Sitzungsbericht d. Berliner Akad. d. Wissensch., 1883, p. 215.
6) Berichte d. Deutsch. Botan. Gesellsch., Bd. XIII, Heft 10, p. 475, 1895.

Befruchtungsact sich vollzieht, sind nicht mit der Lupe sichtbar, und es ist somit ein Zufall, wenn man Schnitte mit zahlreichen solchen Stadien bekommt. Manchmal sind sie besonders häufig auf Mycelflächen, wo noch keine jungen Perithecien mit der Lupe sichtbar sind. Bei allen Arten, die De Bary untersucht hat, entspringen die männlichen und weiblichen Zweige aus verschiedenen Hyphen. Nach meinen eigenen Beobachtungen ist dies auch regelmässig der Fall. Wie weit von einander entfernt die Mutterhyphen der geschlechtlichen Elemente liegen können, lässt sich nicht auf dünnen Mikrotomschnitten feststellen. Wahrscheinlich brauchen sie nicht miteinander in Berührung zu sein, da die Stielzelle, welche die Antheridiumzelle zum Oogonium bringen muss, eine ziemlich schwankende Länge besitzt. In einigen Fällen erscheint auch die Antheridiumzelle in die Länge gestreckt, um auf den Scheitel des Oogoniums zu gelangen (Fig. 4, Taf. XI).

De Bary war zuerst der Meinung, dass die geschlechtliche Differenzirung der Hyphenzellen eine Function ihrer gegenseitigen Lage sei[1]). Das Oogonium sollte immer aus dem unteren von den einander kreuzenden Fäden entstehen, während das Antheridium aus dem oben liegenden hervorwachse. De Bary hat aber selbst beobachtet, dass manchmal der Geschlechtsapparat aus parallel laufenden Hyphen entsteht, und bei *Erysiphe communis* habe ich Fälle gefunden, wo der Antheridiumzweig von der unteren Hyphe abgeht.

Das junge Oogonium und ebenso der Antheridienzweig enthalten je einen Kern, welcher aus der Hyphenmutterzelle in das betreffende Organ hineingewandert ist. Der Kern des Oogoniums fungirt gleich als Eikern, während derjenige des Antheridiumzweiges sich in zwei theilt. Von den so entstandenen Tochterkernen bleibt der eine in der Stielzelle zurück, während der andere in die Antheridiumzelle gelangt, um endlich als Spermakern zu fungiren. Aus diesem Vorgang dürfen wir schliessen, dass hier auch die Zahl der Theilungen, welche ein vegetativer Kern durchmacht, bevor er als geschlechtlicher Kern fungirt, keine principielle Bedeutung hat. Der Befruchtungsact vollzieht sich in der Weise, dass die Wand zwischen Oogonium und

1) l. c. A., p. 4.

Antheridiumzelle durchbrochen wird. Der männliche Kern wandert in das Oogonium und die beiden geschlechtlichen Kerne verschmelzen dann miteinander. Die Bilder, die in Fig. 1—7, Taf. XI wiedergegeben sind, stellen diese früheren Entwickelungsstadien dar und ergänzen in einigen Punkten diejenigen, die ich bereits früher publicirt habe[1]).

Die Entwickelung des Peritheciums beginnt nun mit der Entstehung einer Reihe Hyphen aus der Stielzelle des Oogoniums. De Bary war der Meinung, dass so eine einfache Hüllschicht, die Aussenwand, aus einer einzigen Schicht Hyphenzellen um das Oogonium gebildet wird und dass sich die spätere Verdickung der Peritheciumwand allein durch centripetal aus dieser erst gebildeten Aussenwand wachsende Hyphenäste vollzieht. Er sagt: „Dicht um die Basis des Archicarps, an seinem und des Antheridiumzweiges Tragfaden, entstehen 7—9 schlauchförmige Aussackungen, welche in enger seitlicher Berührung miteinander und mit dem Antheridiumzweige, dem Archicarp dicht anliegend, dieses umwachsen, bis sie über seinem Scheitel zusammenstossen, jeder Schlauch theilt sich dann durch 1—2 Querwände, so dass die junge Fruchtanlage von einer vielzelligen, einschichtigen Hülle umgeben ist. Die Zellen dieser nehmen nun in der Richtung der Oberfläche an Grösse zu, sie werden, allmählich derbe und dunkelbraune Membranen erhaltend, zu der Aussenwand des Peritheciums. Theilungen erfahren sie hierbei nicht mehr.“[2]) Diese einschichtige Aussenwand ist auch in De Bary's Abbildungen als besonders dickwandig und scharf gegen die übrigen Zellen des Peritheciums differenzirt gezeichnet. Thatsächlich aber kann ich keine so scharfe Differenzirung zwischen der äussersten Schicht und den zunächst liegenden weder in ihrem Ursprung, noch in ihrer Beschaffenheit finden. Die Schläuche, die direct aus dem Stiel entspringen, bilden wenigstens zwei Schichten um das Oogonium, und diese werden weiter durch Verästelung und Einschiebung neuer Elemente verdickt, bevor endlich die centripetal wachsenden Aeste entstehen, die gerade auf den jungen

---

1) l. c., Taf. XXXIX.

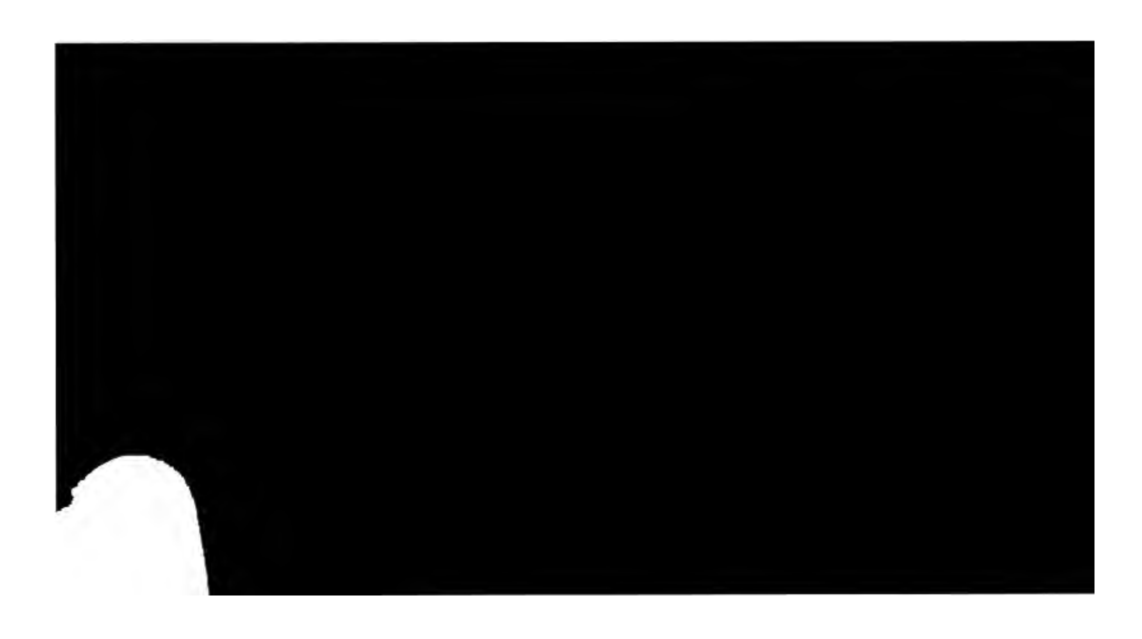
2) Vergl. Morphologie und Physiologie der Pilze, Mycetozoen und Bakterien, p. 218.

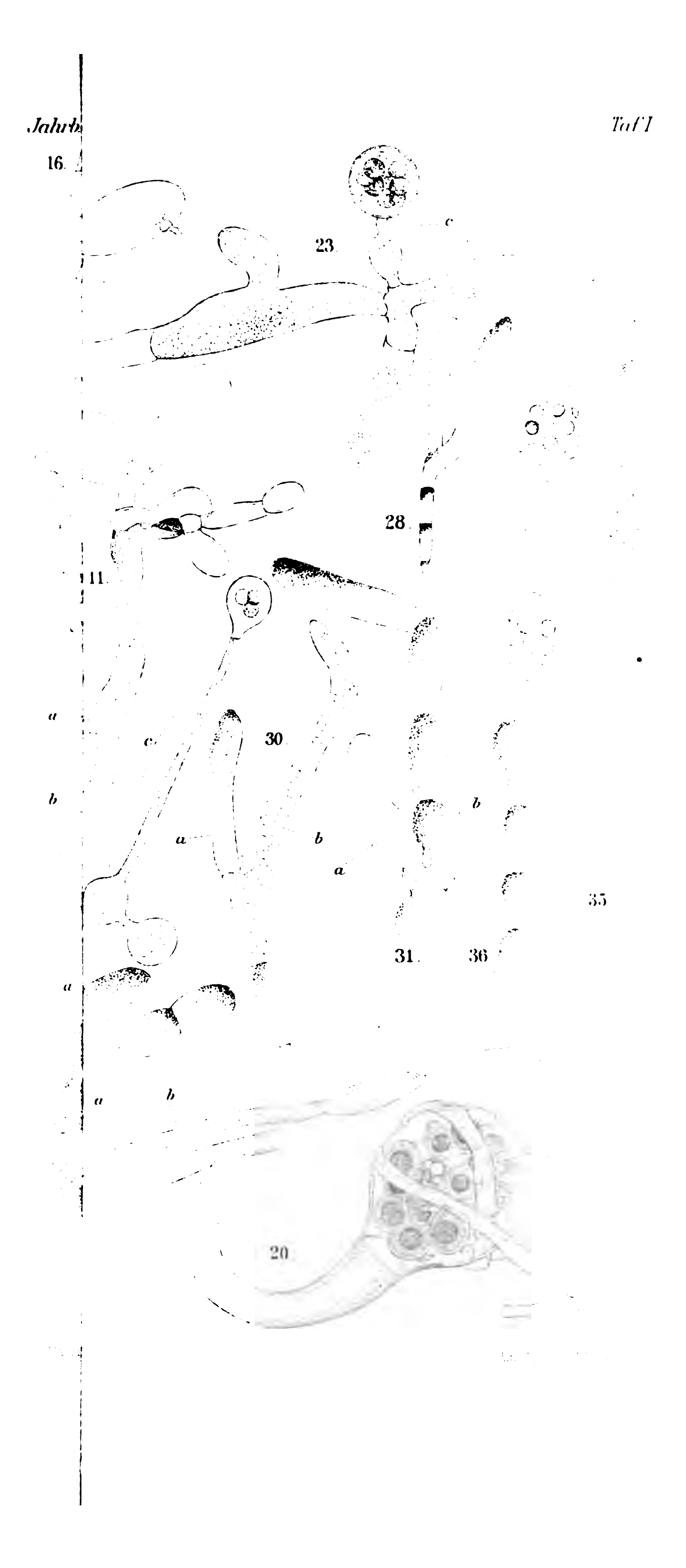
Antheridiumzelle durchbrochen wird. [illegible]
dert in das Oogonium und die beiden [illegible]
verschmelzen dann miteinander. [illegible]
Taf. XI wiedergegeben sind, stellen diese früheren [illegible]
stadien dar und ergänzen in einigen Punkten [illegible]
bereits früher publicirt habe [illegible].

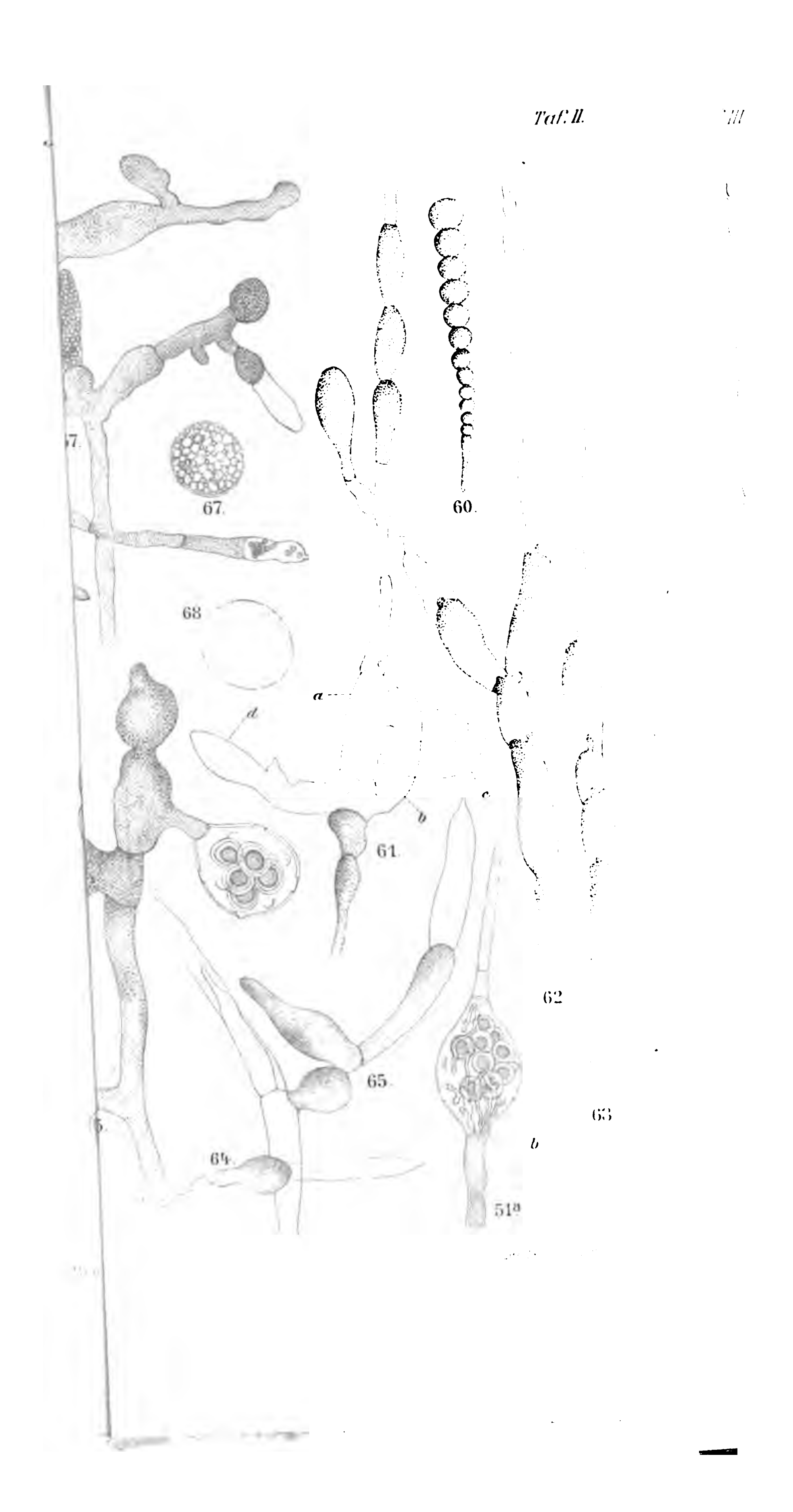
Die Entwickelung des Peritheciums beginnt [illegible]
Entstehung einer Reihe Hyphen aus der [illegible]
De Bary war der Meinung, dass er [illegible]
die Aussenwand, aus einer einzigen Schicht [illegible]
Oogonium gebildet wird und dass sich die [illegible]
der Peritheciumwand allein durch [illegible]
bildeten Aussenwand wachsende Hyphenäste [illegible]
„Dicht um die Basis des Archicarps [illegible]
ridiumzweiges Tragfaden, entstehen [illegible]
sackungen, welche in enger seitlicher Berührung [illegible]
mit dem Antheridiumzweige, dem Archicarp [illegible]
dieses umwachsen, bis sie über seinem Scheitel [illegible]
jeder Schlauch theilt sich dann durch 1—2 Querwände [illegible]
die junge Fruchtanlage von einer vielzelligen [illegible]
umgeben ist. Die Zellen dieser [illegible]
der Oberfläche an Grösse zu, sie werden [illegible]
dunkelbraune Membranen erhaltend [illegible]
Peritheciums. Theilungen erfahren [illegible]
Diese einschichtige Aussenwand ist [illegible]
dungen als besonders dickwandig und [illegible]
Zellen des Peritheciums differenzirt [illegible]
kann ich keine so scharfe Differenzirung [illegible]
Schicht und den zunächst liegenden [illegible]
noch in ihrer Beschaffenheit finden. [illegible]
aus dem Stiel entspringen, bilden [illegible]
das Oogonium, und diese werden [illegible]
Einschiebung neuer Elemente [illegible]
[illegible] wachsenden Aeste entstehen, [illegible]

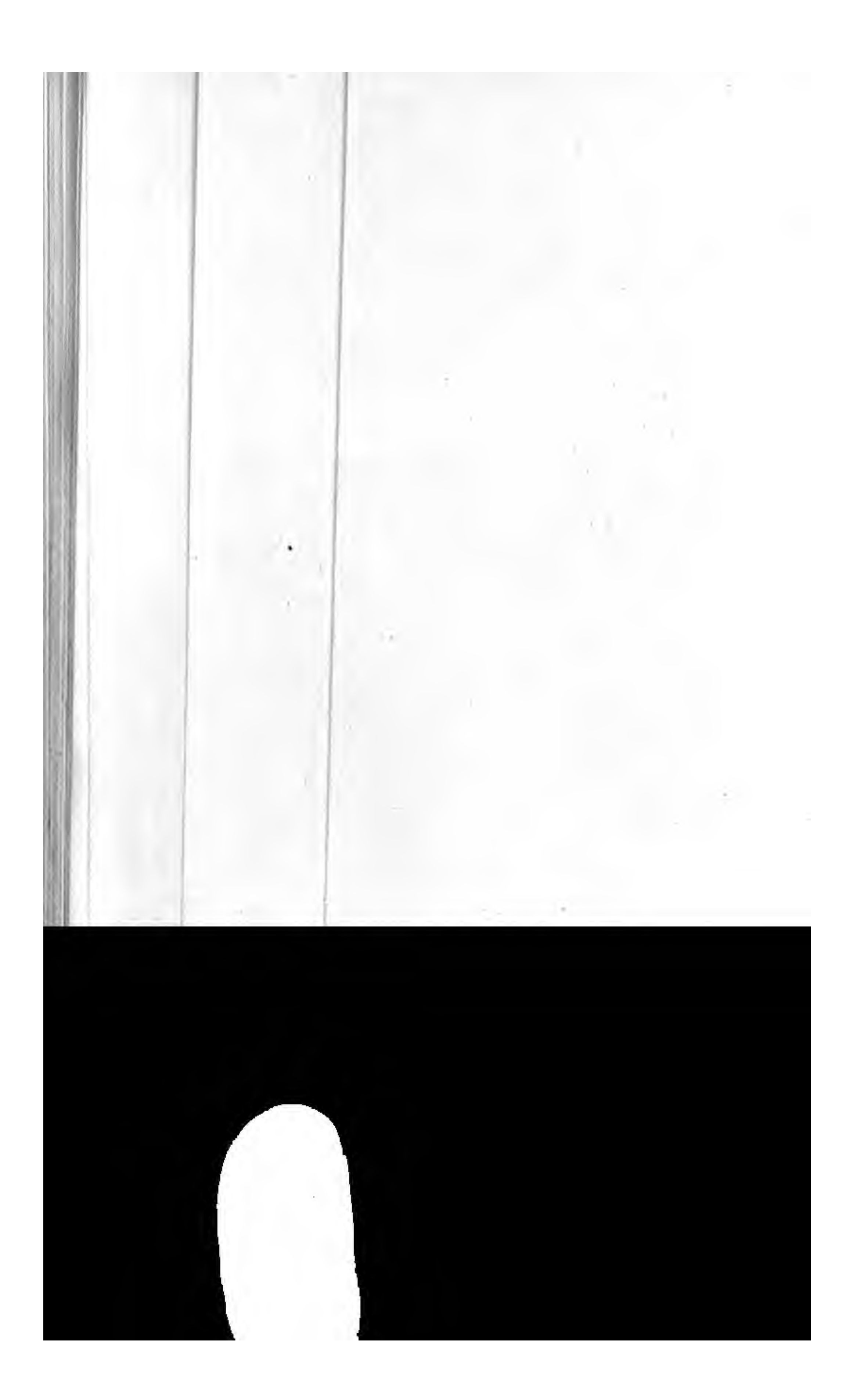
Taf. XXXIX.
Morphologie und Physiologie der Pilze, [illegible]

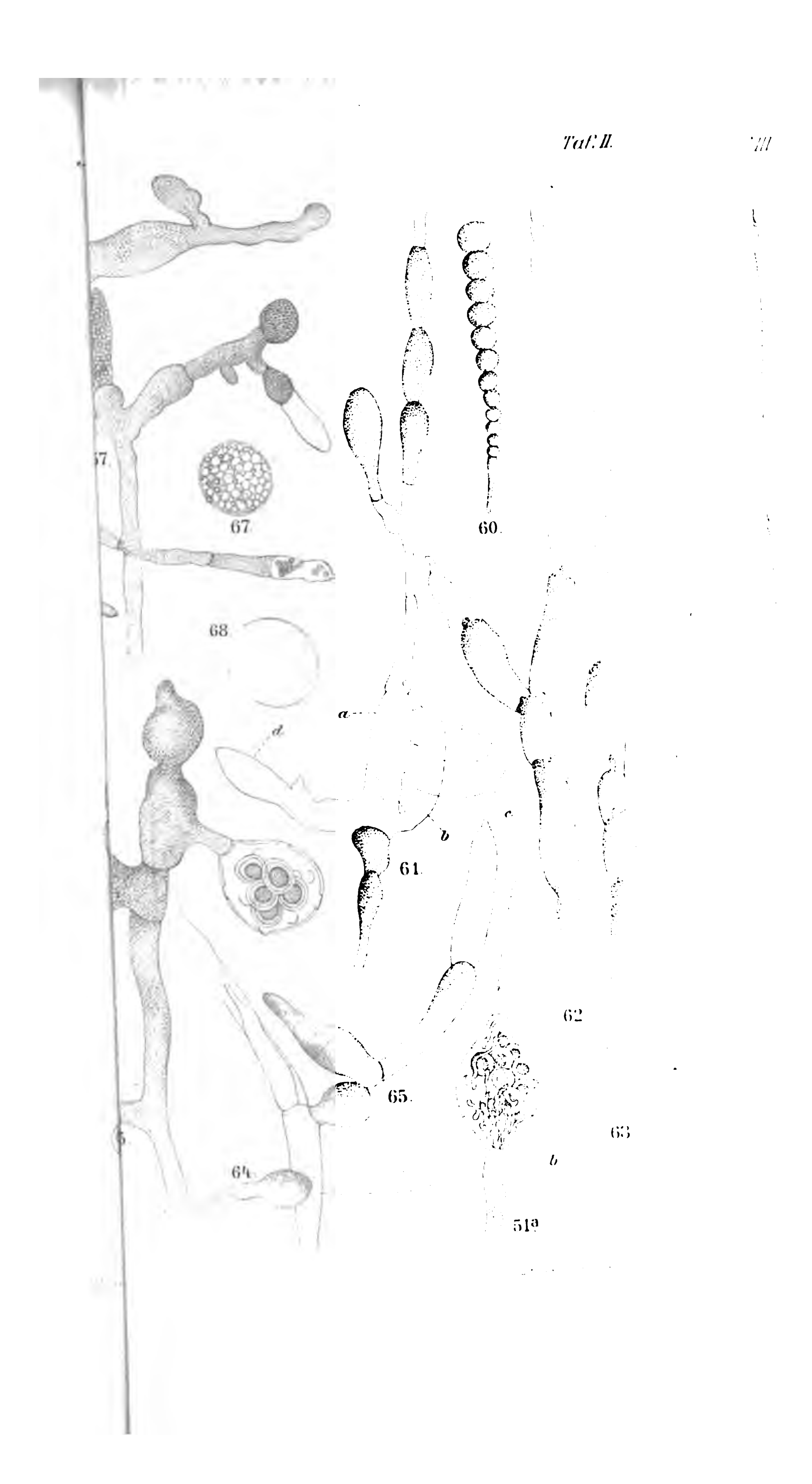
Druck von E. Buchbinder in Neu-Ruppin.

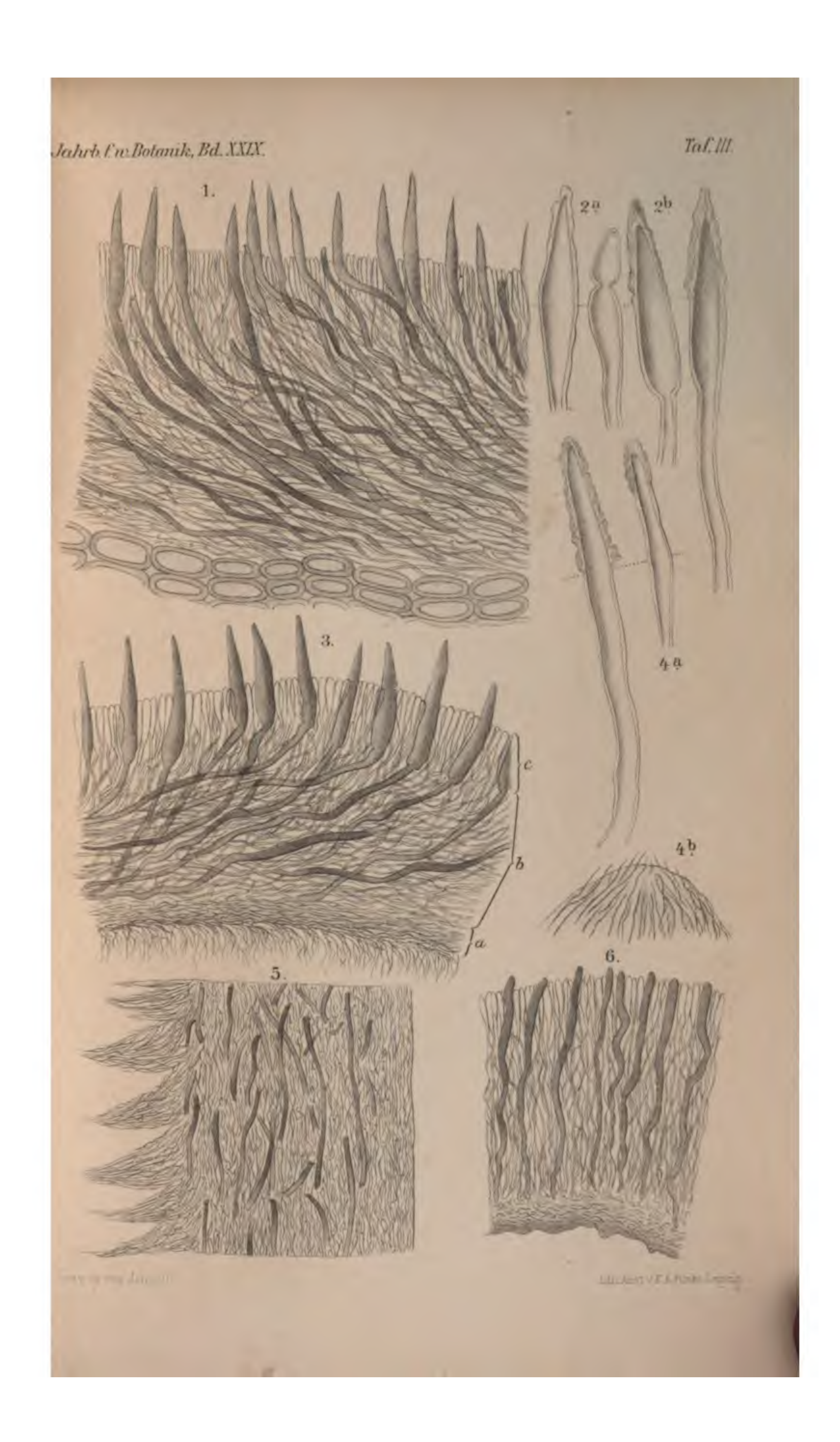



16.
23.
c
28.
11.
a
c
30
b
a
b
a
b
35
31.
36
a
a
b
20.


57.
67.
60.
68
a
d
b
c
61.
62
65.
63
b
64.
51a




57
67
68
60
a
b
c
d
61
62
63
64
65
66
b
51a


Jahrb. f. w. Botanik, Bd. XXIX.
Taf. III.
1.
2a
2b
3.
c
b
a
4a
4b
5.
6.


Jahrb. f. w. Botanik, Bd. XXIX.
Taf. IV.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
a
b
c
d
e

Organ von *Eurotium* untersucht hat, schlug er den Namen Ascogonium für das weibliche und Pollinodium für das männliche Element und Carpogonium als gemeinsame Bezeichnung für die weiblichen Elemente bei den Ascomyceten und Florideen vor[1]).

Die Motivirung des Ausdruckes Pollinodium war die Aehnlichkeit, welche die das Carpogon befruchtenden Organe in ihrem ganzen Verhalten mit den Pollenschläuchen phanerogamer Gewächse besitzen[2]). Dieser Vergleich schien De Bary desto mehr zutreffend, weil er damals glaubte, dass in beiden Fällen keine wirkliche Verschmelzung von männlichen und weiblichen Plasmamassen stattfand. Da wir jetzt wissen, dass bei *Sphaerotheca* eine Uebertragung des Inhaltes der Antheridiumzelle in die Eizelle wirklich vorkommt, ist eine Unterscheidung zwischen den Antheridienzellen von Peronosporeen und *Sphaerotheca* nicht aufrecht zu halten. Die Bezeichnung Pollinodium kann ganz wegfallen.

Bei der weiteren Entwickelung des Ascogons (Fig. 8—10, Taf. XI) verlaufen die Kerntheilung und Zelltheilung ganz unabhängig von einander und scheinbar nicht immer in derselben Folge. Man kann in verschiedenen Stadien des Wachsthums 1—3 Kerne in der Scheitelzelle des Ascogons nachweisen. Wenn die Entwickelung fertig ist, sind immer zwei Kerne in der vorletzten Zelle zu finden (Fig. 11, Taf. XI). Die übrigen Zellen des Ascogons sind immer nur einkernig. Da ich aber niemals die vorletzte Zelle einkernig gefunden habe, ist es nicht anzunehmen, dass diese Zelle zuerst gleichwerthig mit den übrigen Ascogonzellen ist und durch eine nachträgliche Kerntheilung zweikernig wird, d. h. diese zwei Kerne sind nicht nothwendiger Weise Schwesterkerne. Ehe die letzte Querwand im Ascogon gebildet ist, kann seine Scheitelzelle dreikernig gewesen sein und von diesen drei kann ein beliebiges Paar in der vorletzten Zelle eingeschlossen bleiben. Doch sind diese Kerne alle nah verwandt und man darf nicht annehmen, dass ihre spätere Verschmelzung die Bedeutung einer Ausgleichung individueller Eigenschaften haben könnte, wie sie bei der Verschmelzung männlicher und weiblicher Kerne angenommen wird.

---

1) Beitr., III. Reihe. Bemerkungen über die Geschlechtsorgane der Ascomyceten, p. 76.

2) l. c., p. 80.

Die junge Ascuszelle schwillt nun stark auf der oberen Seite an und die Endzelle des Ascogons wird beiseite geschoben und verdrängt. Die zwei Kerne (Fig. 12—13, Taf. XI) bleiben eine Zeit lang getrennt, und mit dem Wachsthum des Ascus nehmen sie auch etwas an Grösse zu. Sie enthalten ein sich roth färbendes Kernkörperchen und feinkörniges, sich blau färbendes Chromatin. Endlich rücken sie aufeinander zu, schmiegen sich dicht zusammen, um endlich zu verschmelzen. Die beiden Kernkörperchen bleiben noch eine Zeit lang getrennt, aber sie vereinigen sich endlich auch miteinander (Fig. 14—15, Taf. XI).

Der so entstandene Ascuskern nimmt nun mit dem weiteren Wachsthum des Ascus schnell an Grösse zu. Sein Chromatin zieht sich in ein fadenförmiges Gerüst zusammen, welches wahrscheinlich schon den Anfang der Prophase für die erste Theilung kennzeichnet (Fig. 16, Taf. XI). Dieser primäre Ascuskern zerfällt nun durch dreimal wiederholte Zweitheilung in die acht Sporenkerne, welche bei *Sphaerotheca*, im Gegensatz zu den meisten Erysipheen, alle regelmässig Sporen um sich bilden. Den Verlauf der Kerntheilung und Sporenbildung will ich ausführlich für *Erysiphe communis* beschreiben.

De Bary giebt an[1]), dass bei *Sphaerotheca* gerade wie bei manchen Discomyceten das Ascusplasma in sporenbildendes Protoplasma und in Epiplasma zerfällt. Obwohl ich diese Differenzirung sehr ausgeprägt bei *Ascobolus* und *Peziza* gefunden habe, konnte ich indessen bei allen noch untersuchten Erysipheen keine Spur davon erkennen. Vielmehr liegen die acht Sporenkerne ganz beliebig im Ascus zerstreut. Das ganze Ascusplasma ist zu dieser Zeit äusserst homogen und von sich stark färbenden Reservestoffen vollständig frei.

Beim Wachsthum des Ascus werden die übrigen Zellen des Ascogons mit Vacuolen erfüllt. Bald werden sie von den umgebenden Zellen verdrängt und, wenn der Ascus völlig ausgewachsen ist, kann man keine Spur von der Ansatzstelle zwischen ihm und der zunächst liegenden Zelle des Ascogons erkennen. Für seine Ernährung scheint der Ascus vollständig auf die umgebenden Hyphenzellen angewiesen.

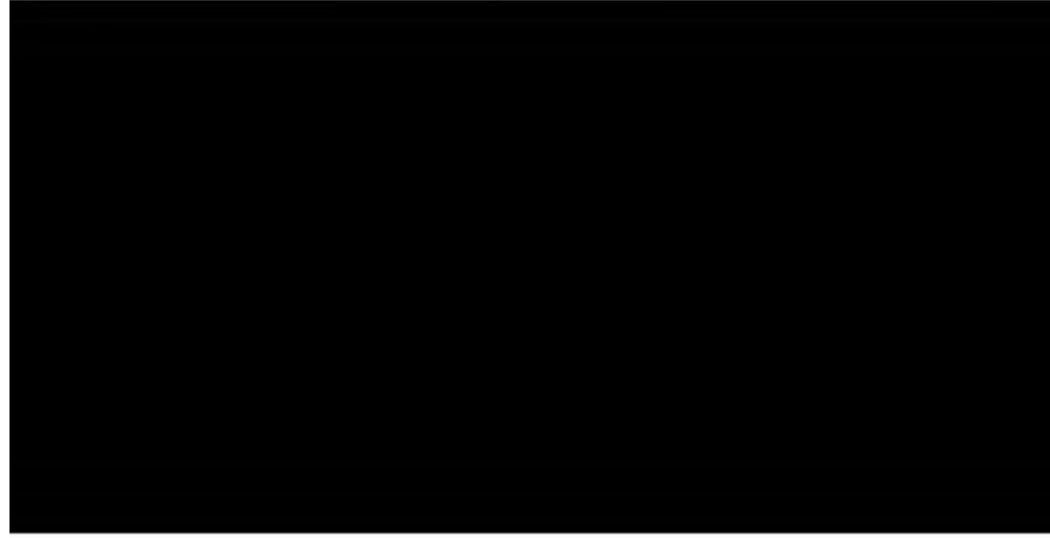
---

1) Ueber die Fruchtentwickelung der Ascomyceten, p. 8.

In dem völlig ausgereiften Fruchtkörper haben die Schichten des Peritheciums ziemlich starke Veränderungen erfahren. Die Zellen der zwei oder drei äussersten Schichten sind stark zusammengepresst, so dass die Zelllumina sehr reducirt sind und keinen Inhalt mehr erkennen lassen. Die Zellwände sind dick und stark gebräunt. Jede Zelle bildet eine dünne, vielseitige Scheibe. Die fadenförmigen Appendices, die aus gewissen Zellen der äusseren Schicht hervorwachsen, sind zuerst nicht von den gewöhnlichen Mycelhyphen zu unterscheiden. Bald werden sie durch Querwände in einkernige Zellen getheilt. Ob diese Fäden überhaupt Haustorien bilden und so eine Rolle bei der Ernährung des Peritheciums spielen, kann man nicht auf dünnen Mikrotomschnitten feststellen. Es scheint aber ziemlich allgemein angenommen zu sein, dass dies nicht der Fall ist. Die Zellen der Innenwand behalten noch in sehr alten Fruchtkörpern ihren protoplasmatischen Inhalt und ihre Kerne. In Tangentialschnitten sind sie vielseitig und enthalten meistens zwei bis vier Kerne. Es ist nicht unmöglich, dass ihr Inhalt endlich eine quellbare Substanz erzeugt, welche das Zersprengen der Perithecien zur Zeit der Entleerung der Ascen vermittelt.

Bekanntlich besteht das Mycel der Erysipheen aus dünnen verzweigten Fäden, welche sich durch Haustorien ernähren, die in die Epidermiszellen der Wirthspflanze eindringen. Die sehr langen Zellen der Hyphen enthalten meistens nur einen einzigen Kern, obwohl Fälle, wo zwei bis vier Kerne in einer Zelle vorhanden sind, durchaus nicht selten vorkommen. Die Kerne sind verhältnissmässig gross, mit einem um ein Drittel kürzeren Durchmesser als derjenige der Mycelfäden. Oft sind die Kerne etwas länglich gestreckt. In dem Ruhezustand wird das Chromatin immer in Gestalt von sehr feinen, sich blau färbenden Körnern gleichmässig in der Kernhöhle vertheilt. Das Kernkörperchen erweist sich immer als sehr stark erythrophil. Die Zelltheilungen verlaufen vollständig unabhängig von den Kerntheilungen. Die Haustorien sind einfache Seitenzweige einer Mycelzelle, die sich da, wo das Haustorium entspringt, sehr fest an die Cuticula der Wirthszelle anschmiegt, um eine gelappte Scheibe auszubilden, wie sie von De Bary abgebildet wurde.

Das Haustorium ist da, wo es durch die Zellwand dringt,



Gestalt der fertigen Conidien allmählich an. Die unteren Zellen erfahren immer weitere Theilungen. Hier ist es sehr leicht festzustellen, dass Kerntheilung und Zelltheilung vollständig unabhängig von einander verlaufen (Fig. 18—19, Taf. XI). Die Zelltheilung wird einfach durch Einschnürung des Cytoplasmas bewirkt. Die Zellmembran wächst als ringförmige Leiste von der Peripherie der Mutterzelle nach der Mitte hin. Die Tochterkerne sind meistens ziemlich weit von der sich bildenden Wand entfernt.

Nach Beendigung der Conidienbildung bringt dasselbe Mycel noch Perithecien hervor. Die Ausbildung von Perithecien kann in der Mitte des Mycels vor sich gehen, während noch die Conidienbildung an seinem Rande fortbesteht.

Bemerkenswerth ist die Thatsache, dass das Oogonium von *Sphaerotheca* keine Differenzirung in Epiplasma und Oosphäre erkennen lässt, wie es bei den Peronosporeen beobachtet werden kann; auch findet keine Abrundung des Inhalts und die Bildung einer neuen Hautschicht statt, wie es sonst bei der Bildung von geschlechtlichen Fortpflanzungszellen mit Ausnahme der Florideen der Fall ist [1]). Bei den Florideen wächst auch das befruchtete Carpogon gleich in die sporentragenden Aeste oder die Ooblastemafäden aus, ohne sich vom Gewebe der Mutterpflanze zu trennen.

Der eigenthümliche Bau des Oogoniums bei den Erysipheen macht nämlich die besondere Ausbildung eines Befruchtungsschlauches seitens des Antheridiums, wie er bei den Peronosporen und Saprolegnieen vorkommt, ganz unnöthig. Es ist also hier nur erforderlich, dass die Wand zwischen männlichen und weiblichen Zellen durchbrochen wird und der männliche Kern in das Ei einwandert.

Die Copulation der männlichen und weiblichen Zellen bei den Ascomyceten und Florideen hat wohl die Bedeutung eines Geschlechtsactes, der sich ohne Erzeugung eines selbstständigen freien Individuums vollzieht. Das Ei wächst direct in das Carpogon aus, ohne zuvor von der Mutterpflanze losgelöst zu werden.

---

1) E. Strasburger, Schwärmsporen, Gameten und pflanzliche Spermatozoiden.

Die Ernährung des wachsenden Peritheciums erfolgt dann vollständig durch das Mycel, der Fruchtkörper bringt es nicht zu individueller Selbstständigkeit. Im Pflanzen- und Thierreich leitet ja sonst der Geschlechtsact stets die Entstehung eines neuen Individuums ein, jedoch sind wir nicht zu der Annahme genöthigt, dass dies nothwendiger Weise der Fall sein müsse. Es ist nicht erforderlich, dass die Vereinigung der männlichen mit der weiblichen Zelle die Loslösung dieser vom elterlichen Gewebesystem bewirkt. In unserem Fall giebt der Befruchtungsact den Anstoss zur Entwickelung des Peritheciums, welches sich als Theil des mütterlichen Organismus weiter entwickelt. Die Ascosporen erst bilden die selbstständigen Individuen. Derselbe Zweck wird hier auf andere Weise erreicht, wie bei den Moosen, wo auch das Ei, obwohl es eine selbstständige Individualität besitzt, zum Theil als Parasit von der Mutterpflanze ernährt wird.

De Bary war der Meinung, dass das Oogonium bei *Sphaerotheca* sich nur einmal theile und dass die obere von den zwei so gebildeten Zellen sich in den Ascus entwickele. Wie ich nachgewiesen habe, entspricht dies nicht den thatsächlichen Verhältnissen. Das Oogonium theilt sich zuerst in fünf oder sechs Zellen, von diesen entwickelt sich die vorletzte zum achtsporigen Ascus. Daraus geht hervor, dass hier das Ascogon demjenigen der Erysipheen, deren Perithecien mehrere Ascen erzeugen, viel ähnlicher sich verhält, als De Bary meinte.

Als Typus von Perithecien mit mehreren Ascen habe ich diejenigen von *Erysiphe communis* untersucht. Die Kerne des Mycels, der Haustorien und Conidien sind von denen bei *Sphaerotheca* nicht wesentlich verschieden. Der Oogoniumzweig und der Antheridiumzweig nehmen ihren Ursprung aus benachbarten Mycelfäden. Wie De Bary schon beobachtete, umschlingen sich die geschlechtlichen Zweige oft ein wenig spiralig. Diese Krümmung erschwert die Beobachtung sehr, weil die Zweige in den betreffenden Fällen immer theilweise hintereinander stehen.

Das Oogonium entsteht als dicker, eiförmiger Seitenzweig; es wird bald von dem Mycelfaden durch eine Scheidewand abgegrenzt und enthält nur einen einzigen Kern (Fig. 20, Taf. XI). Der Antheridiumzweig legt sich oft etwas schräg an das Oogonium an. Anfänglich enthält er nur einen einzigen Kern und wird

dann gleich von der Mycelzelle durch eine Querwand getrennt, gerade wie beim Oogonium (Fig. 21, Taf. XI). Der Kern des Antheridiumzweiges theilt sich sofort, und einer von den zwei Tochterkernen rückt nach der Spitze des Zweiges zu und wird hier in einer kleineren Zelle, der Antheridiumzelle, abgegrenzt (Fig. 22, Taf. XI).

Der Befruchtungsact scheint sich gerade wie bei *Sphaerotheca* zu vollziehen. Es wird auch der Antheridiumkern durch eine Oeffnung zum Oogonium übergeführt, wo er mit dem Eikern verschmilzt (Fig. 23, Taf. XI).

Sofort nach geschehener Befruchtung entstehen fadenförmige Aussprossungen an der Stielzelle des Oogoniums. Jene wachsen in die Höhe, theilen sich durch Scheidewände und bilden schliesslich eine einfache Hülle um das Oogonium. Die Stielzelle des Oogoniums ist kurz, das Oogonium selbst oft etwas nach einer Seite umgebogen, woher es kommt, dass in einigen Fällen Hüllfäden aus einer benachbarten Zelle der mütterlichen Hyphe hervorwachsen, um sich an der Bildung des Peritheciums zu betheiligen (Fig. 27 *a*, *b*, Taf. XI).

Die so gebildete Hülle vergrössert sich dann durch Verzweigung ihrer Fäden, während sich gleichzeitig neue Sprosse, von der Stielzelle ausgehend, ebenfalls zwischen die bereits vorhandenen und das Oogonium einschieben. Auf diese Weise kommt eine zwei- oder dreischichtige Fruchthülle zu Stande, deren Zellen seitlich fest miteinander verwachsen sind und schliesslich vielseitige, abgeplattete Scheiben darstellen.

Die Hüllfäden dieses Stadiums bilden keine so regelmässige Wand um das Oogonium, wie man bei *Spharotheca* beobachtet, vielmehr scheint die Entwickelung des Oogoniums derjenigen des Peritheciums etwas vorauszueilen; daher kommt es, dass die unteren Zellen des jungen Ascogons auf einer Seite oft anfänglich nicht ganz eingehüllt sind. Dann erhält man Schnitte, wie sie in Fig. 30, Taf. XI, dargestellt sind. Es ist hier das obere Ende des Ascogons von zwei vollständigen Schichten von Hyphen eingeschlossen, während der untere Theil desselben ganz frei liegt.

Die Entwickelung des Oogoniums weicht in manchen Punkten von der von *Sphaerotheca* ab. Zuerst theilt sich der befruchtete Eikern in zwei und später in vier, das Oogonium wächst immer

weiter in die Länge, ohne durch Scheidewände getheilt zu werden. Auf diese Weise kommt ein gekrümmter Schlauch zu Stande, der eine Reihe von fünf bis acht Kernen führt (Fig. 28, Taf. XI). Gleichzeitig zwischen den einzelnen Kernen treten dann die Scheidewände auf. Die vorletzte Zelle der so gebildeten Zellreihe enthält immer zwei oder noch mehr Kerne (Fig. 29, 30, 31*a*, *b*, Taf. XI).

Fast von der ganzen Oberfläche dieser Zelle sprossen gleichzeitig die dicken ascogenen Hyphen hervor. Im Verlauf ihres weiteren Wachsthums verzweigen sich diese Hyphen sehr schnell und stellen schliesslich einen dichten Knäuel dar (Fig. 32, Taf. XI). Es lässt sich schwer entscheiden, ob sie alle aus der nämlichen Zelle entstehen, weil sie so fest an die zunächst liegenden Zellen des Ascogons angepresst sind. Es wäre nicht unmöglich, dass auch von zwei von den oberen Zellen des Ascogons ascogene Hyphen ausgehen, da die Kerne, wie wir später bei *Ascobolus* sehen werden, von allen Zellen des Ascogons in ihrer Fähigkeit, Sporen zu bilden, vollkommen übereinstimmen. Offenbar ist aber die Tendenz vorhanden, die Entstehung der ascogenen Hyphen auf eine einzige Zelle zu beschränken. Aus dem Bild, das in Fig. 33, Taf. XI, wiedergegeben ist, kann man ersehen, dass wenigstens in einigen Fällen diese Tendenz zur Geltung kommt.

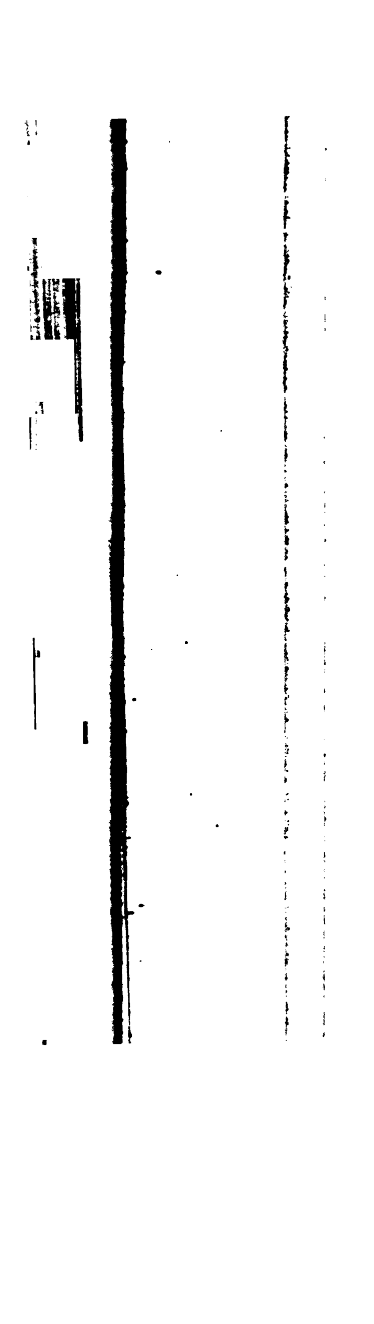
Später theilen sich die ascogenen Hyphen in zwei oder drei ungleiche Zellen, von denen im Ganzen vier bis acht sich zu Ascen entwickeln. Man kann die Zellen, die zur Ascusbildung bestimmt sind, von Anfang an von den übrigen durch ihre Grösse und auch dadurch unterscheiden, dass sie stets zwei Kerne führen, während die übrigen nur einen enthalten. Sie sind regelmässig intercalare und nicht endständige Zellen von den ascogenen Hyphen. Während der weiteren Entwickelung des Peritheciums bleibt das Ascogon in dem Gewebe des basalen Theiles eingehüllt. Daher kommt es, dass die ascogenen Hyphen und die jungen Ascen eine annähernd verticale Stellung einnehmen.

Die Zellen der ascogenen Hyphen, die sich nicht zu Ascen entwickeln, verlieren bald ihren protoplasmatischen Inhalt und werden von den wachsenden Ascen verdrängt. Das Protoplasma sämmtlicher Ascogonzellen wird ebenfalls auf einen dünnen Wandbeleg reducirt. Ihre Kerne liegen der Zellwand auf und sind

abgeplattet. Im Verlaufe der weiteren Entwickelung des Peritheciums wird die ganze Zellreihe zusammengepresst und resorbirt.

Zunächst wächst das Perithecium, das jetzt aus ungefähr drei Hyphenschichten besteht, schneller als das Ascogon und die ascogenen Hyphen. Die so entstehenden Zwischenräume sind von einer Reihe kurzer, centripetal wachsender Hyphenäste ausgefüllt. Diese Aeste entstehen aus den Zellen der inneren Schicht des Peritheciums und schieben sich zwischen die ascogenen Hyphen ein, wodurch alle Hohlräume zwischen den jungen Ascen ausgefüllt werden. Die Aeste sind ausserdem sehr dicht mit Protoplasma erfüllt und enthalten zuerst einen einzigen Kern, der sich ein oder mehrere Male theilt. Später werden Scheidewände gebildet, wodurch die Aeste in zwei oder drei Zellen zerlegt werden (Fig. 32—34, Taf. XI, Fig. 38, Taf. XII). Diese endlich führen ein bis vier Kerne. Jene centripetal wachsenden Aeste des Peritheciums kann man immer sehr leicht von den äusseren Schichten unterscheiden. Letztere verlieren bei der Reifung ihren protoplasmatischen Inhalt, ihre Wände verdicken sich stark und bräunen sich, während jene dünnwandig bleiben und ihren protoplasmatischen Inhalt noch in den vollständig ausgereiften Perithecien behalten. Daher kommt es, dass man mit Leichtigkeit eine Innen- und eine Aussenwand des Peritheciums, wie De Bary sie genannt, unterscheiden kann. De Bary hat aber, wie oben erwähnt, nur die alleräusserste Zellschicht die Aussenwand genannt, die bei *Sphaerotheca* und *Erysiphe* sicher weder eine morphologische noch eine physiologische Einheit darstellt. Deshalb ziehe ich es vor, die äusseren drei oder vier Schichten dickwandiger, leerer Zellen zusammen als Aussenwand und die übrigen dünnwandigen, noch lebenden Zellen als Innenwand zu bezeichnen. Das frühzeitige Verschwinden von Ascogon und sterilen ascogenen Hyphenzellen beweist, dass die Zellen der Innenwand wahrscheinlich die Hauptrolle bei der Ernährung der jungen Ascen spielen.

So lange das Wachsthum des Peritheciums dauert, bleibt auch die Stielzelle des Ascogons erhalten. Sie bildet allein oder möglicher Weise auch mit der Beihilfe der Stielzelle des Antheridiums den einzigen Weg für die Zufuhr von Nährstoffen aus dem Mycel in das Perithecium.



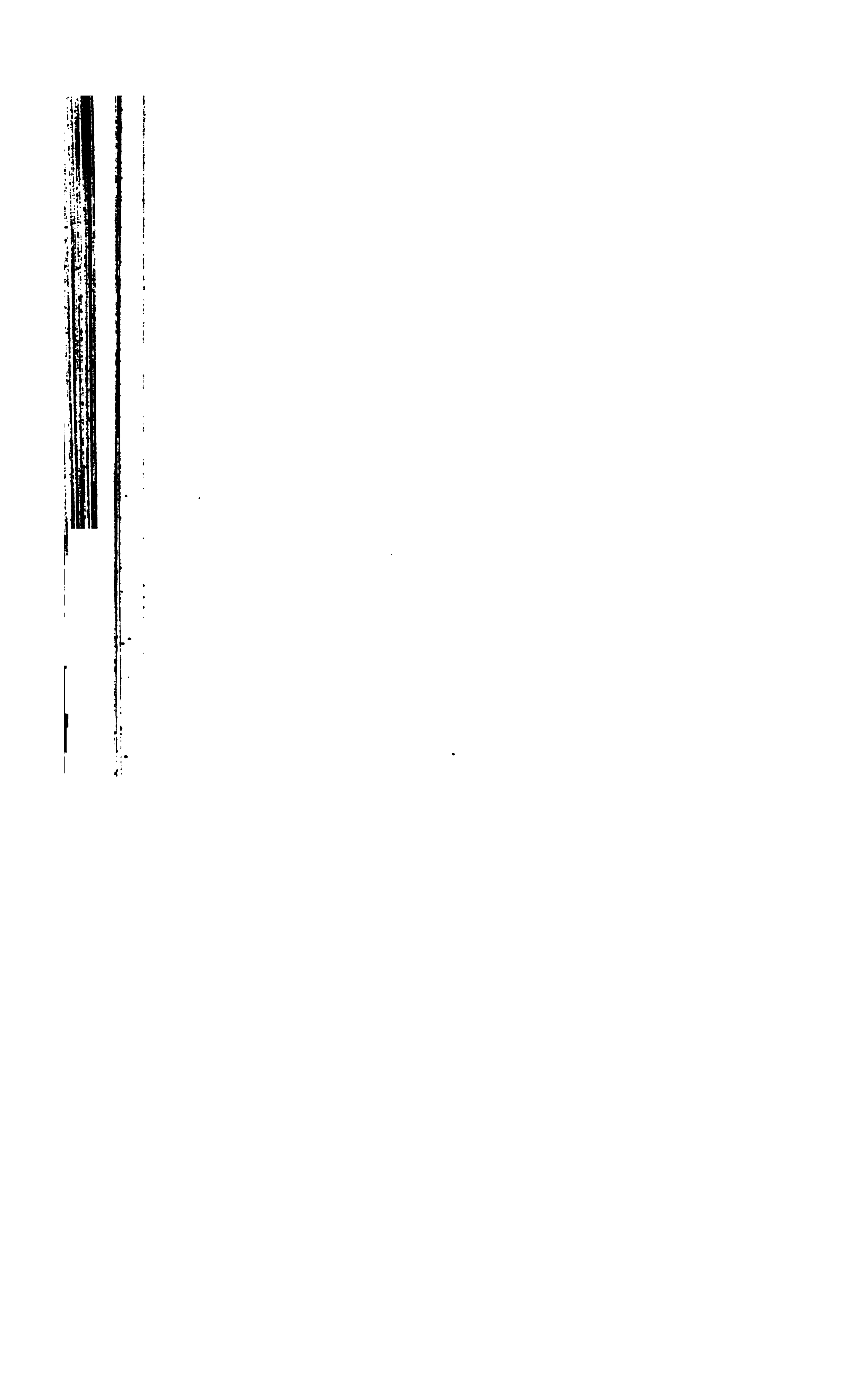
issen entspricht ein Stadium bei *Erysiphe*, wie es in Fig. 41 *a*, *b*, Taf. XII, vorgeführt wird. Eine Abweichung besteht jedoch darin, dass die Scheidewände bei *Ascobolus* mit den oben erwähnten Perforationen versehen sind und die besondere ascogene Zelle nicht unterschieden werden kann. Die Grössenzunahme der Ascogonzellen vollzieht sich schnell, unterdessen erfährt der Kern in jeder Zelle schnelle Theilungen, so dass eine Menge kleiner Kerne entsteht (Fig. 42, Taf. XII).

Während der Fruchtkörper an Grösse zunimmt, streckt sich das Ascogon etwas, so dass schliesslich eine bogenförmige Reihe von breiten, tonnenförmigen Zellen, die ihre convexe Seite nach oben kehrt, zu Stande kommt. Ihre Zellen stehen dann alle miteinander vermittelst der durchlöcherten Scheidewände in Verbindung. Janczewski hat bereits diese Stadien richtig abgebildet[1]), allerdings mit Ausnahme der Perforationen, die ich in Fig. 44, Taf. XII, dargestellt habe.

Eine der Ascogonzellen, etwa die vierte von oben, ist grösser als die übrigen; von ihrer ganzen Oberfläche gehen sehr zahlreiche ascogene Hyphen aus (Fig. 43—44, Taf. XII). Inzwischen wächst der ganze Fruchtkörper schnell weiter, und zwar vollzieht sich der Wachsthumsprocess schneller nach der Peripherie hin als nach innen. Daher rührt es, dass hier gerade wie bei *Erysiphe* eine Reihe von Hyphenästen immer mehr centripetales Wachsthum zeigt. Die Elemente dieser Zweige verdünnen sich schnell, sie theilen sich durch zwei oder drei Scheidewände und bilden auf diese Weise die Anlagen der Paraphysen. Diese entwickeln sich viel stärker an der basalen Hälfte des Fruchtkörpers; sogleich drängen sich die freien Enden der Paraphysen nach oben und es entsteht eine Art Keil, der die Gewebe der oberen Hälfte des bis jetzt geschlossenen Fruchtkörpers spaltet und dadurch die Ausbildung der offenen Cupula der Discomyceten veranlasst. Die von den Seiten nach der Mitte hin wachsenden Paraphysen bekommen ebenfalls nach oben gerichtete Endigungen und dieser Vorgang ist die Folge des Druckes, der von den zahlreicheren, von unten nach oben wachsenden Paraphysen ausgeübt wird.

---

1) l. c., Taf. IV, Fig. 16.



Das frühzeitige Verschwinden des Ascogons liefert den besten Beweis dafür, dass die Ernährung der ascogenen Hyphen und der sich entwickelnden Ascen von den umgebenden Gewebselementen besorgt wird. Die Meinung, dass die Paraphysen als Nährorgane für die Ascen dienen, ist öfter ausgesprochen worden. Die Verhältnisse bei *Ascobolus* scheinen dieser Ansicht günstig zu sein.

Die Kerne im Ascogon sind viel grösser als diejenigen der Gewebezellen; während ihrer Auswanderung in die ascogenen Hyphen schwellen sie noch stärker an (Fig. 42, 43, 46, Taf. XII). Sie zeigen ein sich blau färbendes Kerngerüst, aber entweder keine oder nur sehr kleine Kernkörperchen. In dem subhymenialen Gewebe haben die Kerne der ascogenen Hyphen wenigstens die dreifache Grösse der in den vegetativen Hyphen vorkommenden, aus denen die Paraphysen ihre Entstehung nehmen. Hierdurch kann man ohne Weiteres die zweierlei Hyphen von einander unterscheiden (Fig. 45, Taf. XII). Hier treten aber die Kerne wieder regelmässig mit einem Kernkörperchen versehen auf. Das Verhalten der Kerne bei der Bildung der Ascen und das Verschmelzen von mehreren zum Zweck der Ausbildung des primären Ascuskerns habe ich bereits beschrieben[1]).

Die gewöhnlichen Hyphenzellen des Fruchtkörpers enthalten vier bis acht oder zehn ziemlich kleine Kerne, deren Chromatin in der Regel wandständig erscheint; sie besitzen auch meistens ein kleines Kernkörperchen (Fig. 46, Taf. XII).

Der erwachsene Fruchtkörper ist mit dem Substrat durch zahlreiche Hyphen verbunden, die aus den äusseren Zellen des jungen Fruchtkörpers hervorgegangen sind, gerade wie es für die Appendices bei *Erysiphe* nachgewiesen wurde. Diese Hyphen bilden das secundäre Mycel Woronin's[2]). Sie dienen wahrscheinlich dazu, um die Nährstoffe aus dem Substrat für den wachsenden Fruchtkörper herbei zu führen. So ist die *Ascobolus*-Cupula nicht allein auf die Mutterhyphe des Ascogons für ihre Ernährung angewiesen, wie es bei den verhältnissmässig kleinen Perithecien von *Erysiphe* der Fall ist. Für die Entwickelung der

---

1) Ber. d. Deutsch. Botan. Gesellsch., Generalversammlungsheft, p. 67, 1895.

2) De Bary und Woronin, Beiträge, III. Reihe, p. 19.

aufeinander folgenden Reihen von Ascen in den grösseren Fruchtkörpern von *Ascobolus* würde eine solche Ernährungsweise nicht ausreichend sein. Möglicher Weise aber sind die Appendices der Erysipheen und das secundäre Mycel von *Ascobolus* als morphologisch gleichwerthige Organe zu betrachten.

Wenn wir nun die Ascogone von *Sphaerotheca*, *Erysiphe* und *Ascobolus* miteinander vergleichen, so finden wir eine interessante Uebereinstimmung in ihrer Structur (Fig. 11, 30—31, Taf. XI; Fig. 44, Taf. XII). Die ascogene Zelle bei *Ascobolus* entspricht der Zelle, von der die meisten und möglicherweise alle ascogenen Hyphen bei *Erysiphe* entspringen, und ebenso der ascusbildenden Zelle bei *Sphaerotheca*. Bei dieser und *Erysiphe* ist es die vorletzte Zelle, bei *Ascobolus* die dritte oder vierte vor der letzten. Bei jenen beiden haben wir also eine Differenzirung, wodurch ein Theil der Kerne, die aus der Theilung des befruchteten Eies hervorgegangen sind, eine rein vegetative Rolle spielen und endlich zu Grunde gehen, während die andere Partie die Ascosporen bilden. Bei *Ascobolus* wird der ganze Inhalt des Ascogons zur Bildung der Ascosporen verwendet. Das Verhalten bei *Ascobolus* lehrt, dass die Zellen des Ascogons potentiell gleichwerthig sind und dass alle ihre Kerne die Fähigkeit besitzen, Ascosporen zu bilden. Dass bei *Sphaerotheca* und *Erysiphe* nur ein Theil dieser Kerne zur Sporenbildung verwendet wird, hängt wohl mit der reducirten Grösse des Fruchtkörpers zusammen, und diese Reduction wird wohl wieder von der parasitischen Lebensweise der Erysipheen bedingt. Die ascogenen Hyphen bei *Erysiphe* und *Ascobolus* sind sicher morphologisch gleichwerthig; auch die Entstehung der Ascen aus diesen Hyphen stellt sich wesentlich als derselbe Process bei beiden dar. Für die Erysipheen wenigstens dürfen wir annehmen, dass der Ascusfruchtkörper eine ungeschlechtliche Sporenfrucht repräsentirt, die aus einem befruchteten Ei hervorging.

In dieser Beziehung kann man, wie Woronin[1]) es gethan hat, den Ascusfruchtkörper mit dem Sporogon der Moose vergleichen, jedoch mit dem Unterschied, dass, wie oben hervorgehoben, das Ei hier nie von dem Gewebesystem der Mutter-

1) De Bary und Woronin, l. c., p. 1.

pflanze losgelöst wird. Hierin stimmen die Ascomyceten mit den Florideen überein und unterscheiden sich von allen anderen Pflanzengruppen. Eine wie grosse Bedeutung für die Entscheidung der Frage eines Generationswechsels diesem Unterschied zuzuschreiben ist, lässt sich noch nicht mit Bestimmtheit aussagen. Strasburger[1]) hat gezeigt, dass das wesentliche Moment bei dem Generationswechsel die Reduction der Chromosomenzahl bei der Bildung der ungeschlechtlichen Sporen ist. Die Zahl der Chromosomen bei den Theilungen im Ascus lässt sich ziemlich leicht feststellen, aber bei den sonstigen vegetativen Theilungen sind die Spindeln so klein, dass man die einzelnen Chromosomen kaum unterscheiden kann. Der Ascus bildet ein Analogon zu den Sporenmutterzellen der höheren Pflanzen. Die typische, dreimal wiederholte Zweitheilung des Ascuskerns dürfte dann der zweimaligen Zweitheilung der Sporen- und Pollenmutterzellen entsprechen. Der Ascuskern ist besonders stark ernährt und gross, gerade wie die Kerne der Mutterzellen. Die Ascosporen auch wie die Farnsporen und Pollenkörner sind mit neuen Hautschichten versehen und bilden die Ausgangspunkte für neue Individuen. Ob ein solcher Vergleich zutreffend ist, kann erst dann festgestellt werden, nachdem man eine Zählung der Chromosomen bei den vegetativen Kerntheilungen des Pilzes vorgenommen hat.

Welche Bedeutung der Verschmelzung der Kerne in den jungen Ascen beizulegen ist, lässt sich noch nicht sagen. Doch scheint es sicher, dass sie nicht als ein Geschlechtsact aufgefasst werden darf. Eher mag sie als eine vegetative Vereinigung von gleichwerthigen Kernen betrachtet werden; sie deutet auf eine Vorbereitung für die rasch aufeinander folgenden Theilungen des Ascuskernes und die Abgrenzung von den acht Ascosporen hin.

Raciborski[2]) hat in der letzten Zeit den Versuch gemacht, Teleutosporen, Brandsporen, Basidien und Ascen unter den gemeinsamen Begriff einer Zeugite zu bringen, d. h. „Pilzsporen, in welchen eine Verschmelzung zweier Kerne stattfindet und die

1) The Periodic Reduction of the Number of the Chromosomes in the life History of living Organisms. Ann. of Bot., Vol. VIII, p. 281.

2) Ueber den Einfluss äusserer Bedingungen auf die Wachsthumsweise des *Basidiobolus*. Flora, 82. Bd., p. 129—132.

doch nicht, wie die Oosporen oder Zygosporen, einem normalen Befruchtungsvorgange ihren Ursprung verdanken". Es wäre höchst interessant, wenn wirkliche morphologische Beziehungen zwischen diesen scheinbar heterogenen Dingen sich auffinden liessen, aber die Annahme Raciborski's scheint mir nicht ohne Weiteres einleuchtend.

Er meint, dass die ganze Entwickelung eines Rostpilzes von der Keimung der Sporidie bis zur Bildung der Teleutospore als eine eingeschobene Entwickelungsperiode zwischen zwei Phasen des Befruchtungsactes, nämlich die Verschmelzung des Plasmas und die Verschmelzung der Kerne, zu betrachten ist. Die erste Phase soll in der keimenden Sporidie, die zweite in der Kernverschmelzung in der Teleutospore vorliegen. Für die Annahme von den zwei Phasen in einem Befruchtungsact stützt er sich auf die Vorgänge bei den Conjugaten, wie sie von Klebahn[1]) u. A. beschrieben sind, wo zwischen der Copulirung von den Geschlechtszellen, den Gameten, und der endgültigen Verschmelzung von den männlichen und weiblichen Kernen eine lange Periode sich einstellen kann. Eine ähnliche Verzögerung der Kernverschmelzung in den Zygosporen von *Basidiobolus* haben auch Eidam[2]) und Raciborski selbst beobachtet.

Ueber die Anwendung seiner Hypothese auf die Ascomyceten sagt er sehr wenig. Er meint aber, dass ebenfalls das Ascogon eine Neubildung zwischen den zwei Phasen des Befruchtungsactes darstellt. Der Geschlechtsapparat, wie De Bary es beschrieben hat, soll nur eine Verschmelzung von Geschlechtszellen herbeiführen, während die Verschmelzung von männlichen und weiblichen Kernen erst im Ascus stattfindet. Das Ascogon sollte dann dem ganzen vegetativen Mycel eines Rostpilzes entsprechen. Mir scheint es aber, dass kein Entwickelungsglied eines Rostpilzes, wie es von Raciborski beschrieben ist, ohne Weiteres mit dem Geschlechtsapparat bei *Sphaerotheca* und *Erysiphe* morphologisch zu vergleichen ist. Auch glaube ich festgestellt zu haben, dass die Verschmelzung von männlichen und weiblichen

1) Studien über Zygoten. Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. XXII.

2) *Basidiobolus*, eine neue Gattung der Entomoph. in Cohn's Beitr. z. Biol. d. Pflanzen, Bd. IV, p. 181—251, 1887.

Kernen in dem Oogonium selbst stattfindet, noch ehe die Entwickelung des Ascogons angefangen hat. Die unteren Zellen des Ascogons bei *Erysiphe* und *Sphaerotheca* sind einkernig, während alle Zellen des Ascogons bei *Ascobolus* vielkernig sind; in beiden Fällen sind sie insoweit nicht mit den zweikernigen Zellen vom Rostpilzmycel zu vergleichen.

Ich bin nicht der Annahme abgeneigt, dass bei den Theilungen des befruchteten Eies im jungen Ascogon die männlichen und weiblichen Chromosomen in getrennten Gruppen an der Spindel vorkommen, allerdings der Kleinheit dieser Theilungsfiguren wegen habe ich noch keine bestimmten Schlüsse in Bezug auf diesen Punkt gewinnen können. Van Beneden[1]) hat vor längerer Zeit schon eine solche Trennung der Chromosomen bei der Furchung von Ascariseiern beschrieben, und neuerdings hat Rückert[2]) dasselbe bei der Entwickelung von Copepoden-Embryonen beobachtet. Dass die männlichen und weiblichen Elemente aber getrennte Gruppen in der Theilungsfigur bilden, scheint mir nicht gerade dasselbe zu sein, wie die conjugaten Kerntheilungen von Raciborski und Poirault[3]), wo zwei Kerne zusammenkommen, um sich zu theilen, und als Endproduct vier selbstständige Tochterkerne ergeben.

Das Getrenntbleiben von männlichen und weiblichen Chromatinmassen während des ganzen Lebens einer Generation, um endlich miteinander zu verschmelzen und so eine Zahlenreduction bei Beginn der nächstfolgenden Generation zu veranlassen, stimmt ganz gut mit der Theorie Strasburger's, dass die Reduction der Chromosomenzahl durch phylogenetische Momente bestimmt wird[4]) und regelmässig sich am Ende der ungeschlechtlichen Generation vollzieht.

Ich habe selbst Kernspindeln mit scheinbar getrennten Chromatinmassen bei der Theilung der Kerne in der sogenannten Teleutospore von *Coleosporium* beobachtet und insoweit kann ich

1) Rech. sur la Maturation de l'Oeuf u. a.

2) Ueber die Selbstständigkeit der väterlichen und mütterlichen Kernsubstanz während der ersten Entwickelung des befruchteten *Cyclops*-Eies. Arch. f. mik. Anat., Bd. XLV, 1895, p. 339.

3) Sur les Noyaux des Urédinées. Journal de Bot., 9e année.

4) l. c., p. 288—289.

die Beobachtungen Raciborski's und Poirault's[1]) bestätigen. Ich bin aber nicht überzeugt, dass diese Kerne nur zwei Chromosomen enthalten. Wenn bei der Theilung der Kerne im Ascogon eine solche Anordnung der Chromosomen festgestellt würde, so hätten wir einen sehr guten Beweis, dass wir es auch hier mit einem echten Generationswechsel zu thun haben und dass das Ascogon wirklich homolog mit dem Sporogon der Moose zu betrachten ist. In diesem Fall könnte die Verschmelzung der Kerne im Ascus gar nicht als Geschlechtsact aufgefasst werden, vielmehr muss sie mit den Vorgängen bei der Bildung von Sporenmutterzellen verglichen werden.

Eine weitere Schwierigkeit für die Auffassung der Kernverschmelzungen in den Basidien und Ascen als Sexualact liegt in den Angaben von Rosen[2]) und Wager[3]), wonach in der Basidie der Hymenomyceten wenigstens 4—8 Kerne verschmelzen, um den Basidienkern zu bilden. Auch nach Rosenvinge[4]) enthalten die Hyphenzellen dieser Pilze mehrere Kerne, anstatt nur zwei wie bei den Uredineen. Auch habe ich beobachtet, dass bei *Peziza Stevensoniana* und *Ascobolus furfuracens* wenigstens vier Kerne verschmelzen, um den Ascuskern zu bilden[5]). Bei den Erysipheen dagegen scheint es regelmässig, dass nur zwei Kerne im jungen Ascus verschmelzen. Dieser Unterschied darf vielleicht damit in Beziehung stehen, dass bei den Erysipheen die Zahl der Theilungen, welche die aus dem befruchteten Ei entstandenen Tochterkerne erfahren haben, ehe sie in die jungen Ascen gelangen, viel kleiner ist, als bei den grösseren Fruchtkörpern der Pezizeen. Dangeard[6]) aber giebt für verschiedene andere Pezizeen an, dass nur zwei Kerne im jungen Ascus verschmelzen.

---

1) l. c., p. 13—14.

2) Cohn's Beitr. zur Biologie der Pflanzen, VI. Bd., p. 232.

3) On the Presence of Centrospheres in Fungi. Ann. of Bot., Vol. VIII, Sept. 1894.

4) Sur les Noyaux des Hymenomycètes. Ann. de Sc. Nat. Bot., 7. Sér., S. III, p. 75, 1886.

5) l. c., p. 70—71.

6) La Reproduction sexuelle des Ascomycètes. Le Botaniste 4e sér., 1er et 2e fasc. Juillet 1894.

Unsere gegenwärtige Kenntniss der Befruchtung und der Rolle, welche die Chromosomen dabei spielen, lässt sich nicht leicht mit der Annahme vereinigen, dass mehr als zwei Kerne an einem Geschlechtsact betheiligt sein können, und die Beweise, dass den Kernverschmelzungen in der Basidie zum Beispiel eine geschlechtliche Bedeutung zukommt, sind sicher noch nicht als ausreichend zu betrachten. Bei den Erysipheen brauchen wir keine solche Annahme zu machen, da bereits eine Verschmelzung von zwei geschlechtlich differencirten Kernen der Entwickelung des Ascogons vorangeht. Die Hypothese Raciborski's bietet eine interessante Vorstellungsweise bezüglich der Erklärung der Entwickelungsformen der Uredineen, aber ihre Anwendung auf die Hymenomyceten stösst auf grosse Schwierigkeiten.

Wie ich bereits hervorgehoben habe, sind die meisten Analogien zwischen den Florideen und den Ascomyceten zu finden, und möglicher Weise werden wir weiteren Aufschluss über die Bedeutung der Kernverschmelzungen im Ascus durch das Verhalten der Kerne bei den sogenannten secundären Copulationen bei dieser Algengruppe bekommen. Zur Zeit sind wenige und dazu auch widersprechende Angaben über die Kerne der Florideen in der Literatur vorhanden. Man vergleiche die Mittheilung von Wille[1]) und die später erschienene von Davis[2]).

Vorläufig dürfen wir also den Ascus morphologisch als eine Neubildung der Ascomyceten auffassen, der dieselbe Function wie dem Sporogon der Moose, nämlich die Bildung zahlreicher Fortpflanzungszellen aus einem einzigen befruchteten Ei, zukommt. Wenn ich mit De Bary und Woronin annehme, dass der Ascus eine Neubildung bei den Ascomyceten ist, so will ich keineswegs sagen, dass der Fruchtkörper dieser Pilze nicht phylogenetisch aus einfacheren Formen entstanden ist. Für die Entwickelung der carposporischen Fruchtformen bei den Algen finden wir wahrscheinlich, wie Strasburger angedeutet hat[3]), Anknüpfungs-

---

1) Ber. über die Verh. der Generalversammlung d. Deutsch. Botan. Gesellsch., 1894, p. 57.

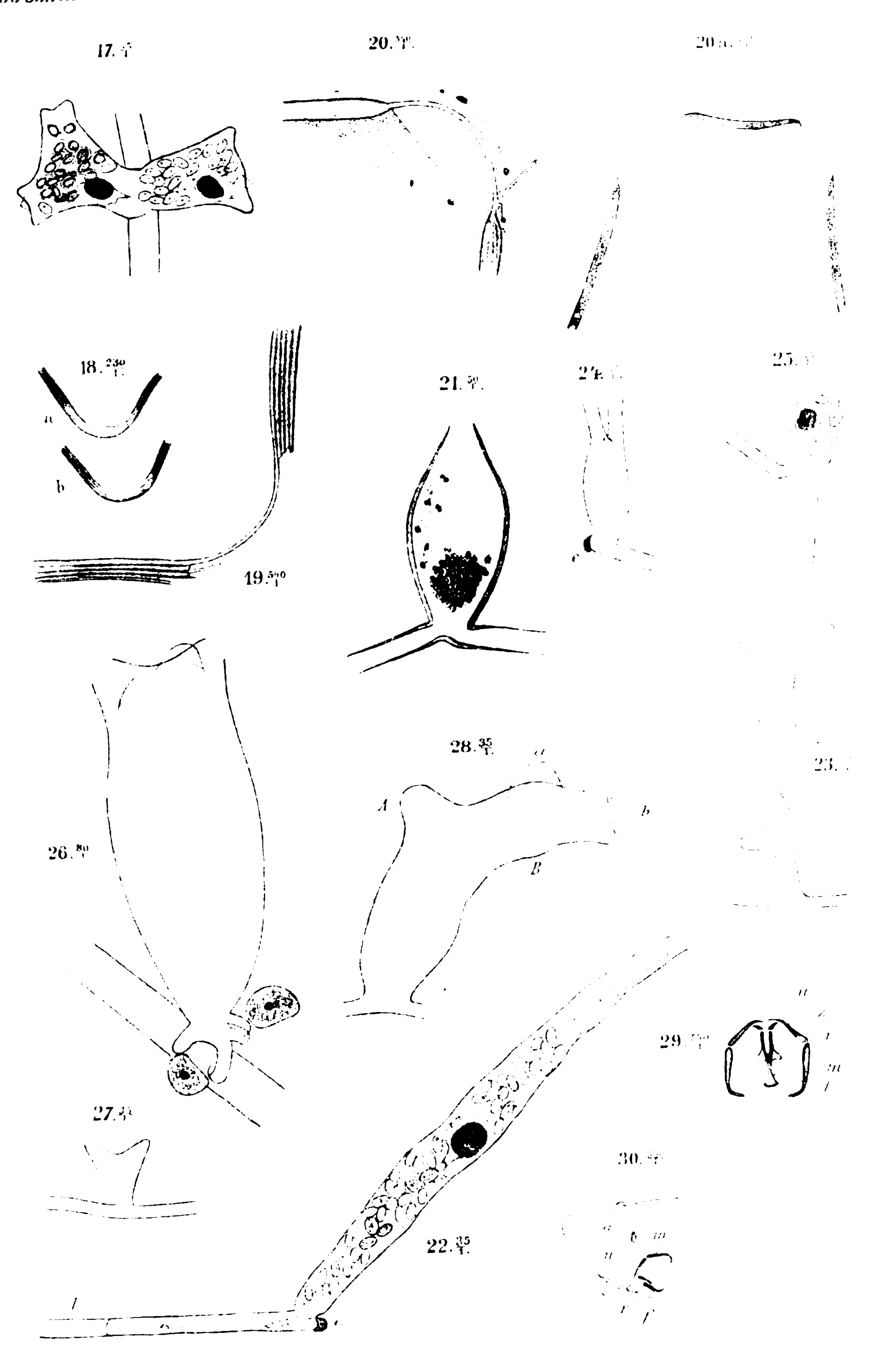
2) The Fertilization of Batrachospermum. Ann. of Bot., Vol. X, p. 49, 1896. The Development of the Cystocarp of Champia parvula. Bot. Gazette, Vol. XXI, p. 109, 1896.

3) l. c., p. 285.

punkte bei *Oedogonium* und *Coleochaete*, wo mehrere ungeschlechtliche Sporen direct aus der Theilung eines befruchteten Eies entstehen. Bei den Florideen sind die typischen Carposporen der Cystocarpien auch Theilungsproducte des befruchteten Trichophors. Es ist nicht unmöglich, dass die Fruchtkörper von *Eremascus* und *Dipodascus* als Typen der ersten Entwickelung von Carpogonen unter den Pilzen angesehen werden können. Natürlich sind diese Formen weit von den typischen Ascen entfernt und müssen weiter untersucht werden, um das Verhalten der Kerne bei der Befruchtung und Sporenbildung klar zu stellen. Aber in der directen Entwickelung einer Anzahl Sporen aus dem Product eines einzigen Befruchtungsactes, ohne dass letzteres aus dem mütterlichen Gewebesystem losgelöst wird, bieten sie eine wichtige morphologische Eigenschaft des Ascusfruchtkörpers dar. Die secundäre Verschmelzung von Kernen, wie sie in den Ascen vorkommt, wird wohl bei diesen Formen nicht vorhanden sein und so entsprechen sie möglicher Weise solchen Formen, wie *Nemalion* unter den Florideen, wo die sporentragenden Fäden direct aus dem Trichophor hervorwachsen und keine Bildung von Ooblastemafäden und secundären Copulirungen stattfindet.

Dass die Annahme der Entwickelung einer neuen Fruchtform direct aus dem Product eines Geschlechtsactes keineswegs gezwungen oder unnatürlich ist, hat Strasburger auf die klarste Weise gezeigt. Er sagt[1]: „In proportion as the asexual mode of reproduction was replaced by the sexual, the numerical conditions of multiplication were maintained either by the development of a number of oospores as in certain Fucaceae; or, in addition to the sexual organs, altogether new organs were developed to ensure rapid and vigorous development of new individuals in an asexual manner. This took place in various ways. Either asexual reproductive organs were intercalated in the life history of the original generation, or an altogether new asexual generation was developed from the product of the sexual act.“ Die Einführung des complicirteren geschlechtlichen Mechanismus und die nothwendige periodische Rückkehr zum Zustand des befruchteten Eies hat die Vermehrungskraft des Organismus

1) l. c., p. 282—283.



Perithecienbildung gelangt; aber dies ist nicht die Regel. Klebs[1]) hat gezeigt, dass in vielen Fällen gewisse Reize nöthig sind, um die Bildung von Geschlechtsorganen zu veranlassen, oft in so ausgeprägter Weise, dass es in der Gewalt des Beobachters steht, geschlechtliche oder ungeschlechtliche Generationen willkürlich zu erzielen. Raciborski hat auch gefunden, dass bei reichlicher Ernährung die Bildung von Zygosporen bei *Basidiobolus* auf beliebige Perioden verschoben werden kann, aber stets dann wieder aufzutreten pflegt, wenn man den Pilz hungern lässt. Auch kann man die Zygosporen, nachdem sie ausgebildet sind, durch reichlichere Ernährung zur weiteren vegetativen Entwickelung zwingen, ehe der männliche und der weibliche Kern verschmolzen sind. Es ist nicht zu bezweifeln, dass diese Beobachtungen von Klebs und Raciborski Anknüpfungspunkte für die Erklärung des unregelmässigen Auftretens der Geschlechtsorgane bei manchen anderen Pilzen bieten. Es ist nicht unmöglich, dass bei den Erysipheen die Bildung von Perithecien auf den älteren Mycelflecken eine Reizauslösung ist, welche durch eintretenden Mangel an Nährstoffen bewirkt wird.

In sehr vielen Fällen fungiren geschlechtlich erzeugte Sporen, wie auch die Ascosporen, als Dauersporen. So ist es wohl möglich, dass bei manchen Pilzen die Bildung von ihren Geschlechtsorganen nur unter ungünstigen äusseren Bedingungen einzutreten vermag. Die reichliche Bildung von Perithecien bei den Erysipheen im Herbst ist wahrscheinlich auf eine Reizwirkung zurückzuführen, die durch das Auftreten von Zuständen, welche die Bildung von Dauersporen benöthigen, ausgelöst wird.

Es darf wohl als vortheilhaft für gewisse Pilze betrachtet werden, dass sie ihre geschlechtliche Fortpflanzung auf solche Perioden verlegt haben, welche die Bildung von Dauersporen erfordern. Auf diese Weise kann wohl die extreme Empfindlichkeit von *Basidiobolus* z. B. für die Beschaffenheit der zu Gebote stehenden Nährstoffe als bestimmendes Moment zu der Bildung seiner Geschlechtsorgane entstanden sein. Das Hungern des Pilzes ist dann nicht die directe Ursache der Bildung von Zygosporen, sondern der Pilz hat allmählich die Fähigkeit gewonnen,

1) Zur Physiologie der Fortpflanzung. Biolog. Centralbl., Bd. IX, 1889.

sich vor einer Hungerperiode zu schützen durch eine Verknüpfung der Zeit seiner geschlechtlichen Fortpflanzung mit dem Eintreten von ungünstigen Ernährungsverhältnissen.

Wenn wir die verschiedenen Gruppen der Ascomyceten vergleichen, dürfen wir nicht ohne Weiteres die Erysipheen als primitive Formen betrachten. Wenn wir die Appendices von den Erysipheen für homolog mit dem secundären Mycel halten, wie es von Woronin[1]) für die Discomyceten beschrieben ist, so sind offenbar die mannigfaltigen und oft zierlichen Formen dieser Appendices als progressive Gebilde zu betrachten. Das Ascogon bei *Sphaerotheca* ist in einen vegetativen Theil und in einen sporenbildenden Theil scharf differencirt und muss so für höher entwickelt gehalten werden, als das Ascogon von *Ascobolus*, dessen ganzer Inhalt zur Sporenbildung verwerthet wird. Die Kleinheit der Fruchtkörper der Erysipheen, die Reduction ihrer ascogenen Hyphen und die geringe Anzahl der Ascen stellen wahrscheinlich eher Anpassungen an die parasitische Lebensweise als primitive Eigenschaften vor. In ihren geschlossenen Perithecien weisen sie eine deutlich primitive Einrichtung auf, welche hier wahrscheinlich als Schutzorgan für die Sporen während der winterlichen Ruheperiode der Wirthspflanze erhalten geblieben ist.

Die *Erysiphe*, welche bei den vorhergehenden Untersuchungen benutzt wurde, erhielt ich von den Blättern von *Trifolium* und *Melilotus*, die *Sphaerotheca* von den Blättern der Hopfenpflanze, und den *Ascobolus* von Kulturen auf Kuhmist. Als Fixirungsflüssigkeit erwies sich ein sehr verdünntes Chrom-Osmium-Essigsäure-Gemisch als die brauchbarste, ungefähr halb so stark als das schwächere Henning'sche Gemisch, das Zimmermann[2]) beschreibt. Auch Pikrin-Essigsäure mit Färbung in Eisen-Hämatoxylin nach Heidenhain lieferte sehr brauchbare Bilder der Ascuskerne. Am meisten wurde das Flemming'sche Safranin-Gentianaviolett-Orange zur Färbung benutzt. Stücke von Blättern, die mit dem Mycel und den Perithecien in allen Stadien dicht besetzt waren, wurden in Paraffin eingebettet und in 5 μ dicke, senkrecht zur Blattoberfläche gehende Schnitte zerlegt.

---

1) De Bary und Woronin, Beiträge, II. Reihe, p. 3.

2) Botanische Mikrotechnik, p. 175.

Um junge Stadien von *Ascobolus* zu erhalten, habe ich dünne Häutchen aus dem Mist, worauf die Fruchtkörper sassen, auf entsprechende Weise eingebettet und mit dem Mikrotom geschnitten.

Zum Schluss sei es mir gestattet, meinem hochverehrten Lehrer Herrn Geheimrath Prof. Strasburger für seine liebenswürdige und freundliche Unterstützung meinen besonderen Dank auszusprechen.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1—19 beziehen sich auf *Sphaerotheca castagnei* Lm. Fig. 20—40 auf *Erysiphe communis* Wallr. Fig. 41—45 auf *Ascobolus furfuracens* Pers. Sämmtliche Figuren sind mit Hilfe der Abbe'schen Camera lucida gezeichnet unter Anwendung des Zeiss'schen Apochromat 2 mm Brennweite, Apert. 1,40. Fig. 17—19 und 36—37 mit Compens.-Ocular 12. Fig. 1—9 und 20—27 mit Compens.-Ocular 6, die übrigen kleiner gezeichnet.

Tafel XI.

Fig. 1—19. *Sphaerotheca.*

Fig. 1. Junges Oogonium und Antheridiumzweig.

Fig. 2. Dasselbe, Antheridiumzelle abgegrenzt.

Fig. 3. Noch älter als Fig. 2.

Fig. 4. Copulation des Antheridiums und Oogoniums, männlicher Kern und weiblicher Kern nebeneinander im Oogonium.

Fig. 5. Dasselbe, Wand zwischen Oogonium und Antheridium wieder geschlossen.

Fig. 6. Oogonium mit dem befruchteten Ei.

Fig. 7. Dasselbe und Hüllfäden.

Fig. 8. Junges Ascogon mit zwei Kernen, etwas grösser als Fig. 7 gezeichnet.

Fig. 9. Ascogon mit zwei Zellen. Die obere mit zwei Kernen.

Fig. 10. Fast vollkommen erwachsenes Ascogon, Scheitelzelle mit zwei Kernen. Appendicis bereits vorhanden.

Fig. 11. Fertig ausgebildetes Ascogon, ascogene Zelle mit zwei Kernen.

Fig. 12. Junger Ascus mit zwei Kernen, centripetal wachsende Hyphenäste der Innenwand vorhanden.

Fig. 13. Etwas älter als Fig. 12.

Fig. 14. Junger Ascus mit einem Kern, der zwei Kernkörperchen enthält.

Fig. 15. Aelter als Fig. 14.

Fig. 16. Junger Ascus mit fertig ausgebildetem primären Ascuskern.

Fig. 17. Haustarium mit einem Kern und von dem desorganisirten Kern der Wirthszelle umschlossen.

Fig. 18. Zelle aus dem basal wachsenden Theile einer Conidiophore mit zwei Kernen.

Fig. 19. Sich theilende Zelle aus einer Conidiophore.

Fig. 20—40. *Erysiphe.*

Fig. 20. Antheridiumzweig und Oogonium mit je einem Kern.

Fig. 21. Dasselbe, Antheridiumzweig auch durch eine Querwand abgegrenzt.

Fig. 22. Dasselbe, Antheridiumzweig mit zwei Kernen.

Fig. 23. Verschmelzung von männlichen und weiblichen Kernen im Oogonium.

Fig. 24. Junges Ascogon mit befruchtetem Ei, Antheridium leer.

Fig. 25. Junges Ascogon und erste Hüllfäden.

Fig. 26. Ascogon mit zwei Kernen.

Fig. 27. Zwei Schnitte durch ein Ascogon mit vier Kernen.

Fig. 28. Ausgewachsener Ascogonschlauch mit fünf Kernen, aus drei Schnitten reconstruirt.

Fig. 29. Schnitt durch einen Theil eines Ascogons, nachdem die Scheidewände gebildet sind. Eine Zelle mit zwei Kernen.

Fig. 30. Schnitt, welcher fünf Zellen des Ascogons aufweist.

Fig. 31 *a* und *b*. Zwei Schnitte durch einen Fruchtkörper. *Asc.*: Ascogene Zelle mit fünf Kernen.

Fig. 32. Schnitt durch einen Fruchtkörper mit ascogenem Hyphenknäuel und centripetal wachsenden Hyphen der Innenwand.

Fig. 33. Ascogene Zelle mit auswachsenden ascogenen Hyphen.

Fig. 34. Junger Ascus mit zwei Kernen.

Fig. 35, 36, 37. Verschmelzung der Kerne im jungen Ascus.

Tafel XII.

Fig. 38. Schnitt durch Fruchtkörper mit zwei jungen Ascen.

Fig. 39. Schnitt durch Fruchtkörper mit drei erwachsenen Ascen, Innenwand und Aussenwand des Peritheciums scharf differenzirt.

Fig. 40. Schnitt durch Fruchtkörper mit zwei Ascen, worin sich die Sporenabgrenzung unter Betheiligung der lang gespitzten Kerne vollzieht.

Fig. 41—46. *Ascobolus.*

Fig. 41 *a* und *b*. Zwei Schnitte durch einen jungen Fruchtkörper. Ascogonzellen einkernig und mit durchlöcherten Scheidewänden.

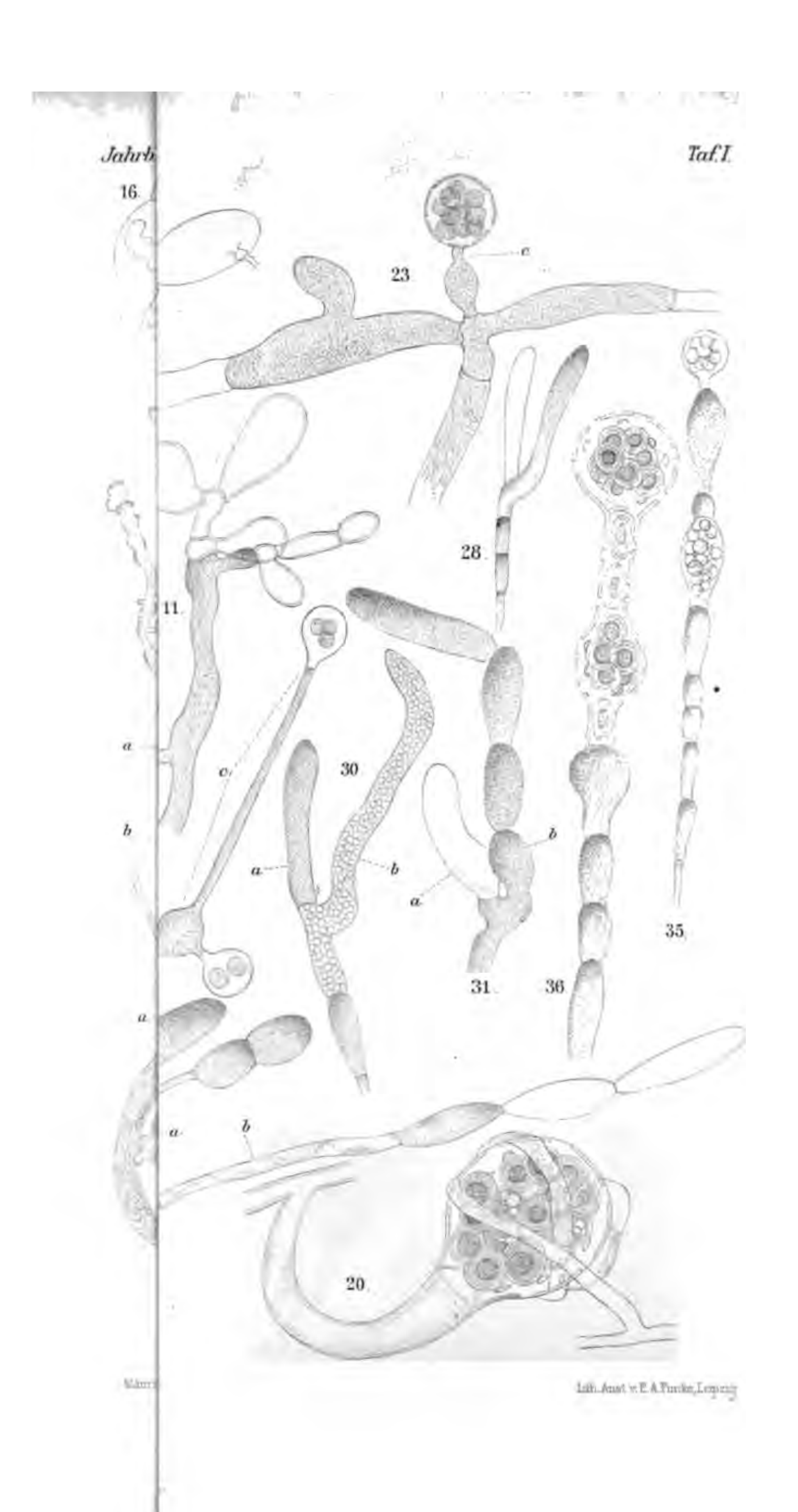
Fig. 42. Längsschnitt durch eine erwachsene und noch nicht entleerte Zelle des Ascogons.

Fig. 43. Querschnitt durch die ascogene Zelle zur Zeit der Auswanderung der Kerne.

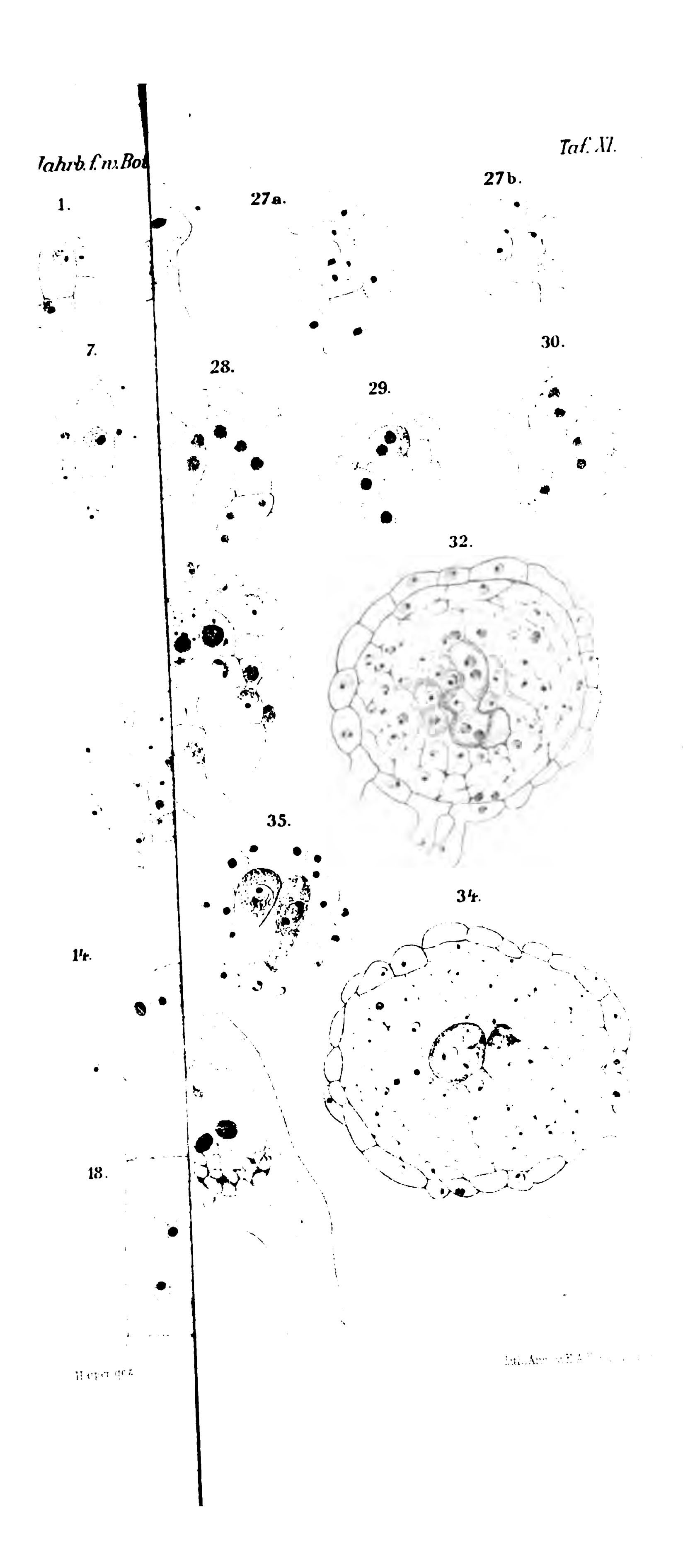
Fig. 44. Entleertes Ascogon mit durchlöcherten Scheidewänden.

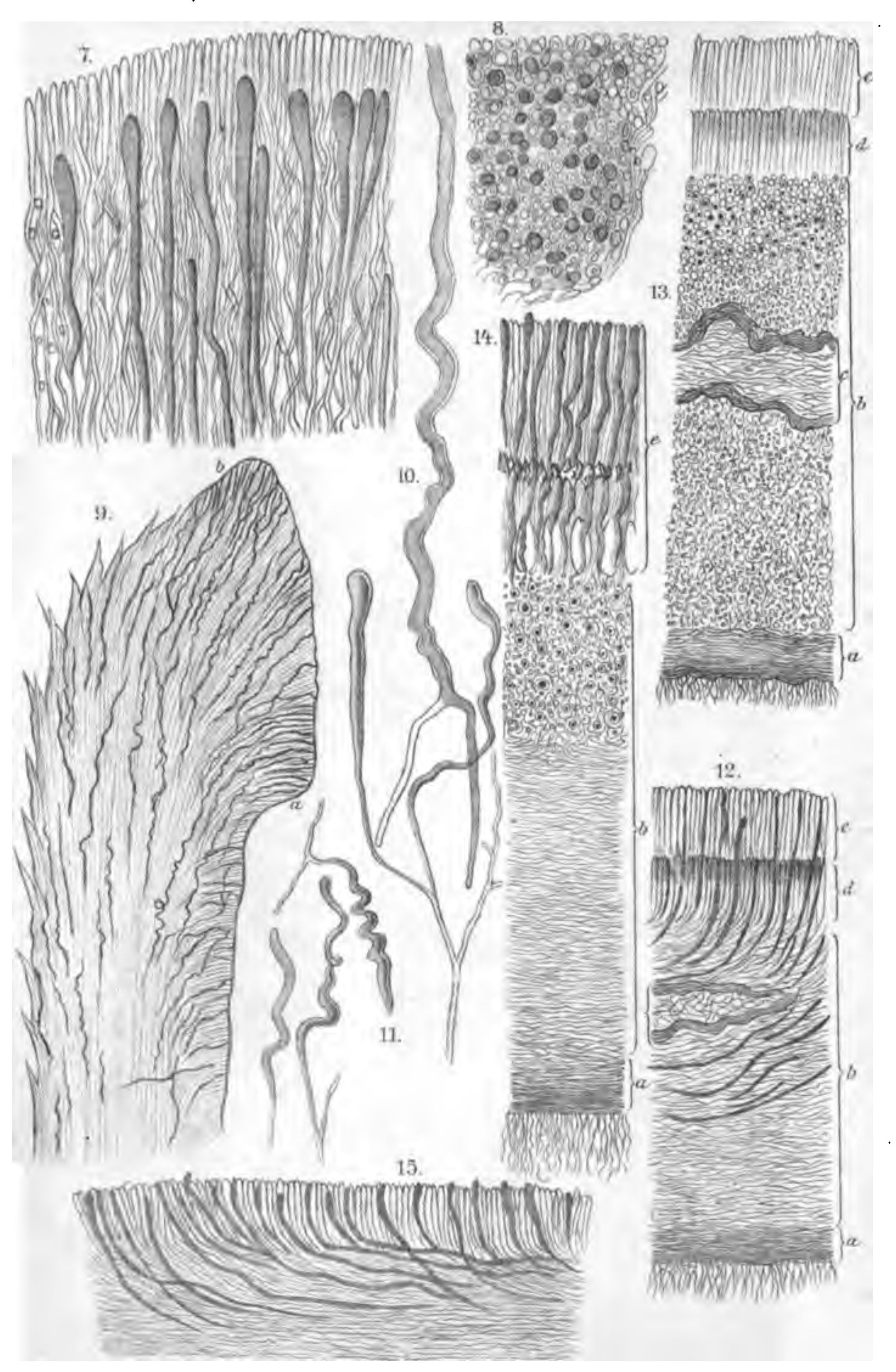
Fig. 45. Subhymenialgewebe, ascogene Hyphen mit grossen Kernen und die basalen Theile von Paraphysen aufweisend.

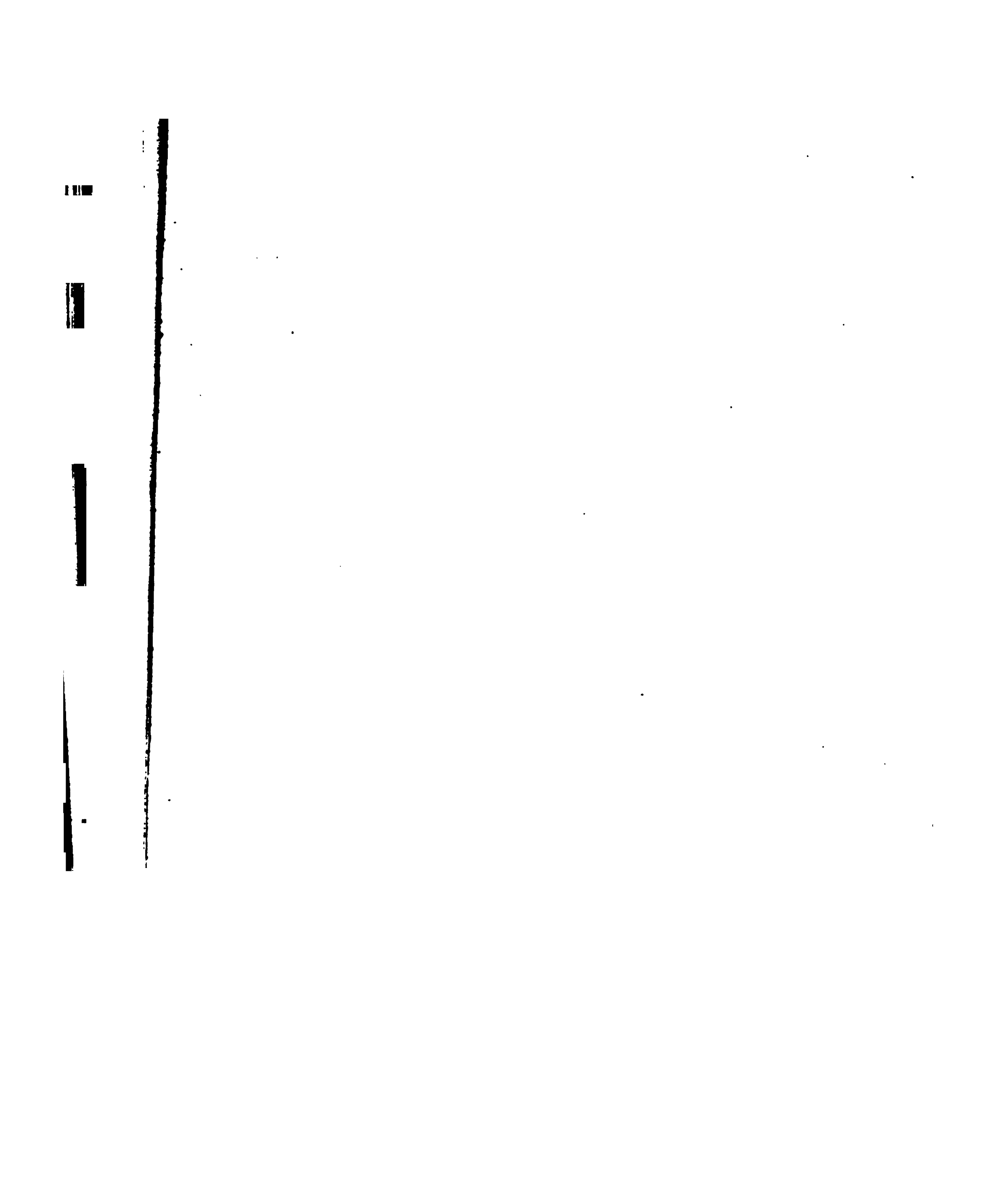
Fig. 46. Zellen des Fruchtkörpers mit vielen Kernen.

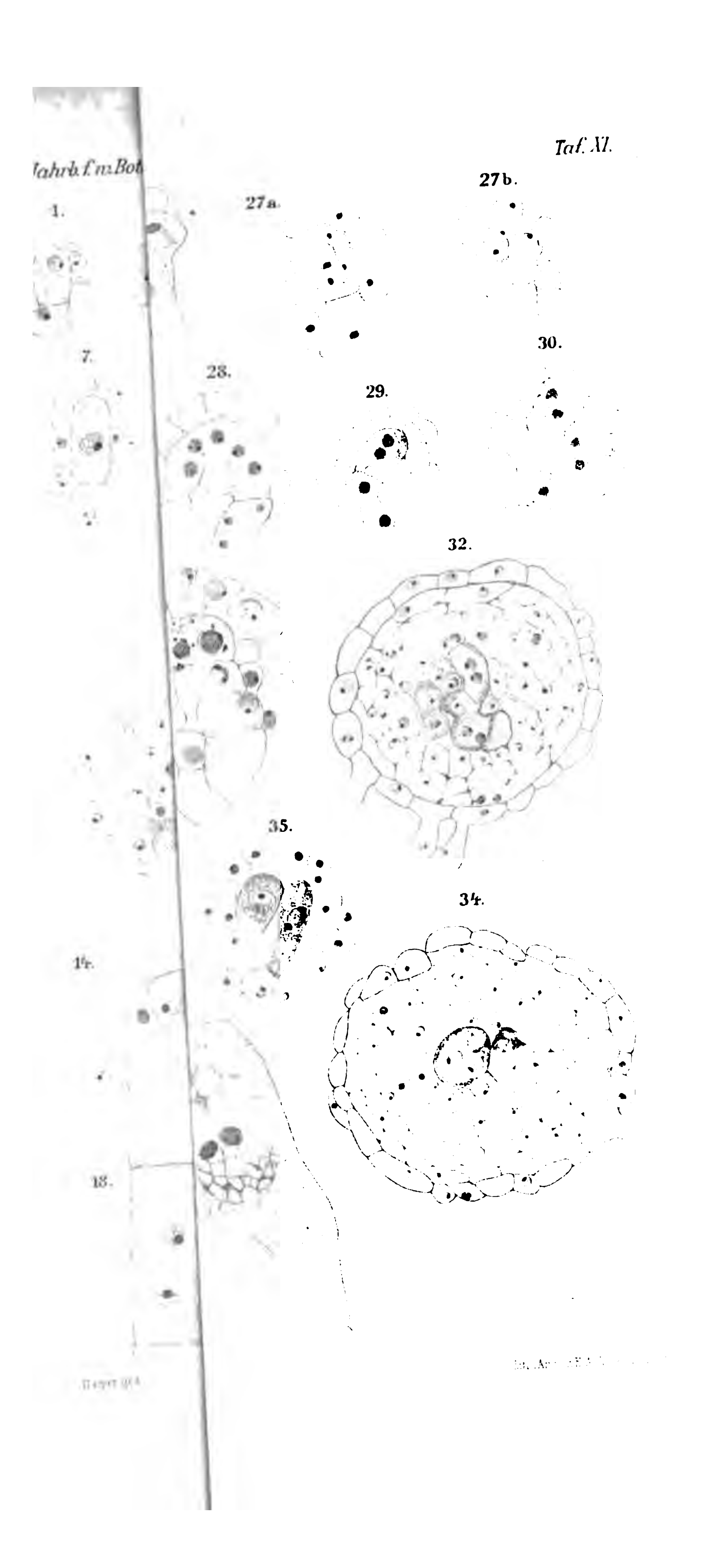


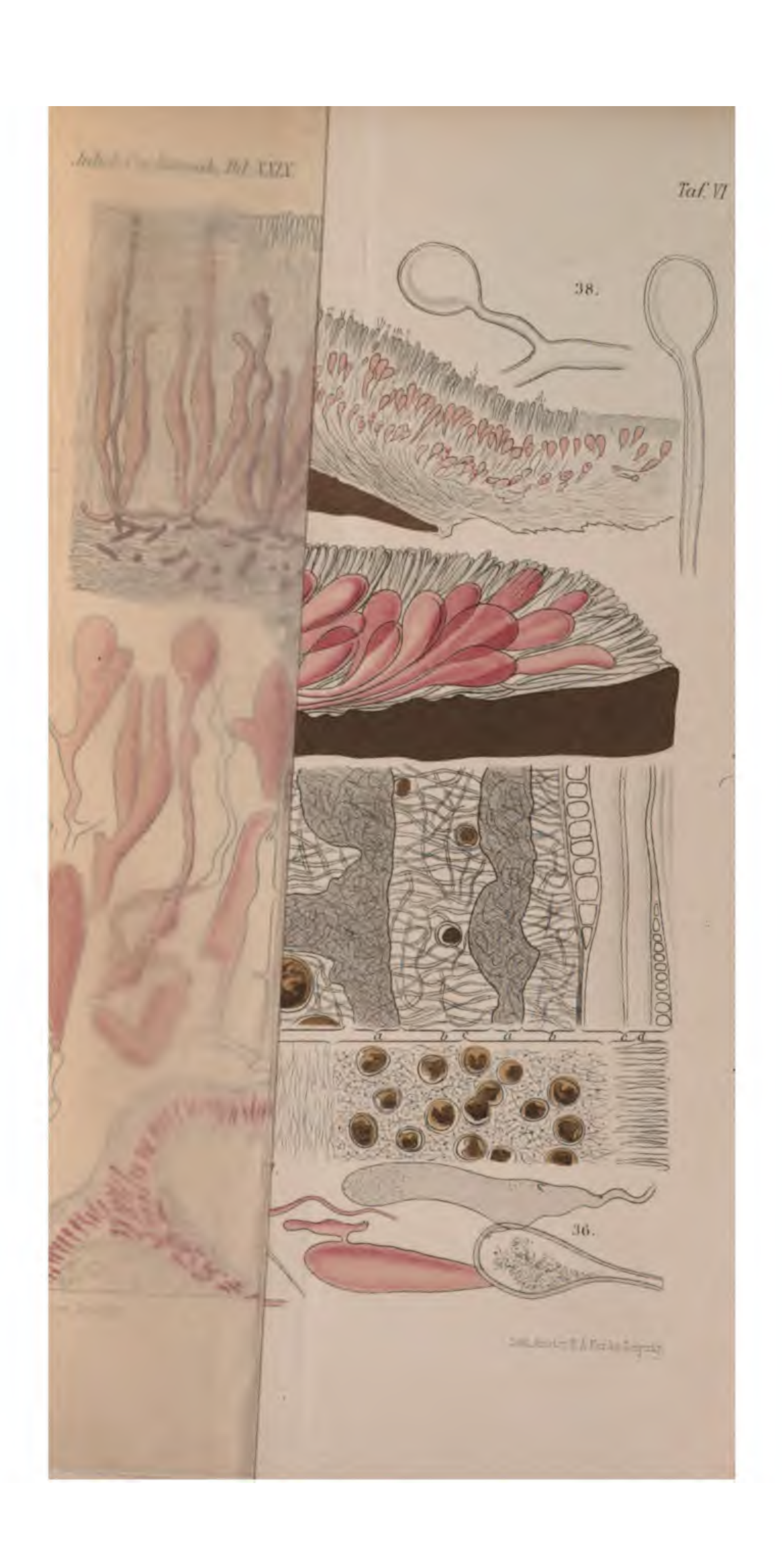
Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig

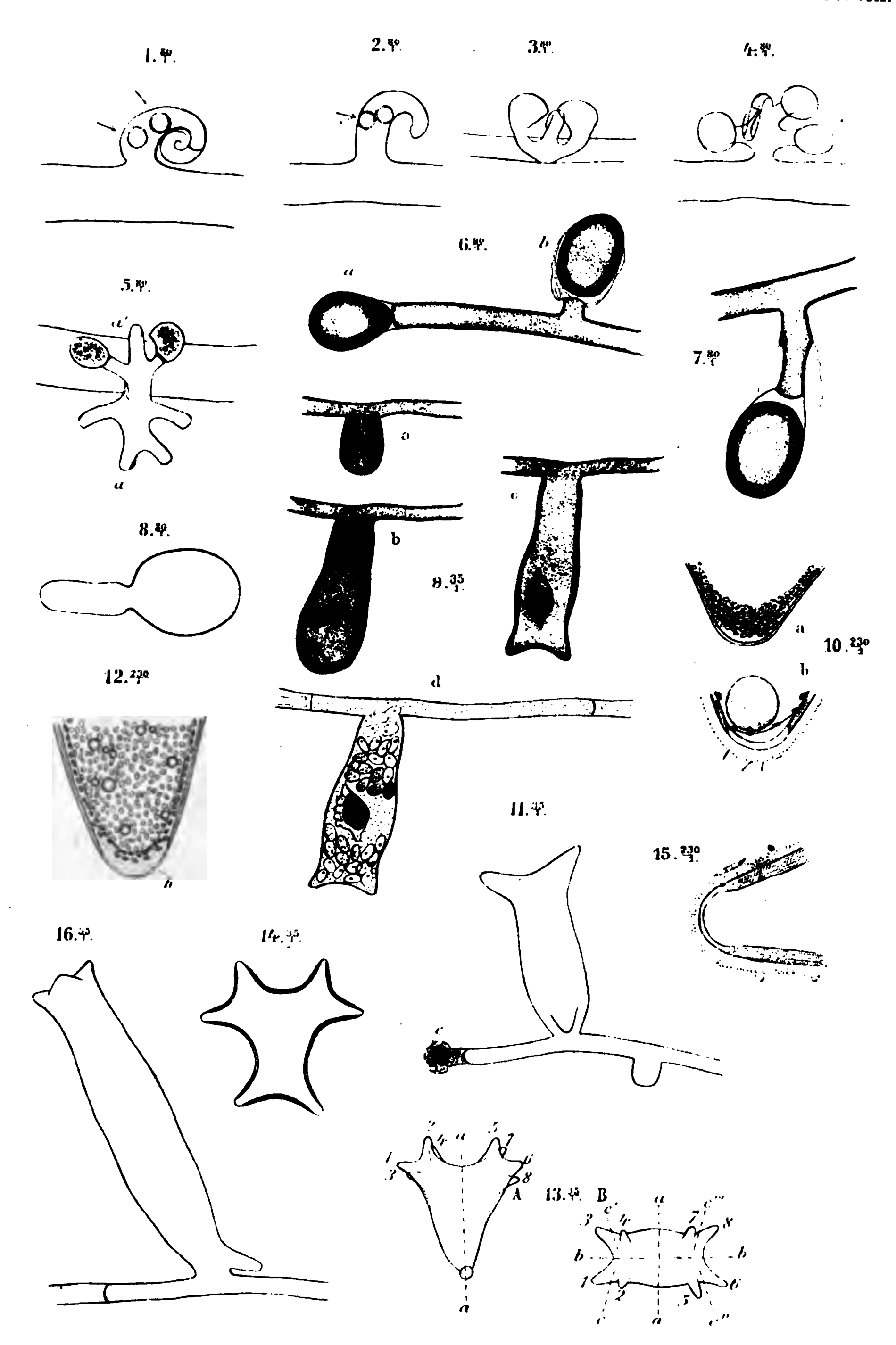

1.
27a.
27b.
7.
28.
29.
30.
32.
35.
34.
14.
18.


7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
a
b
c
d
e

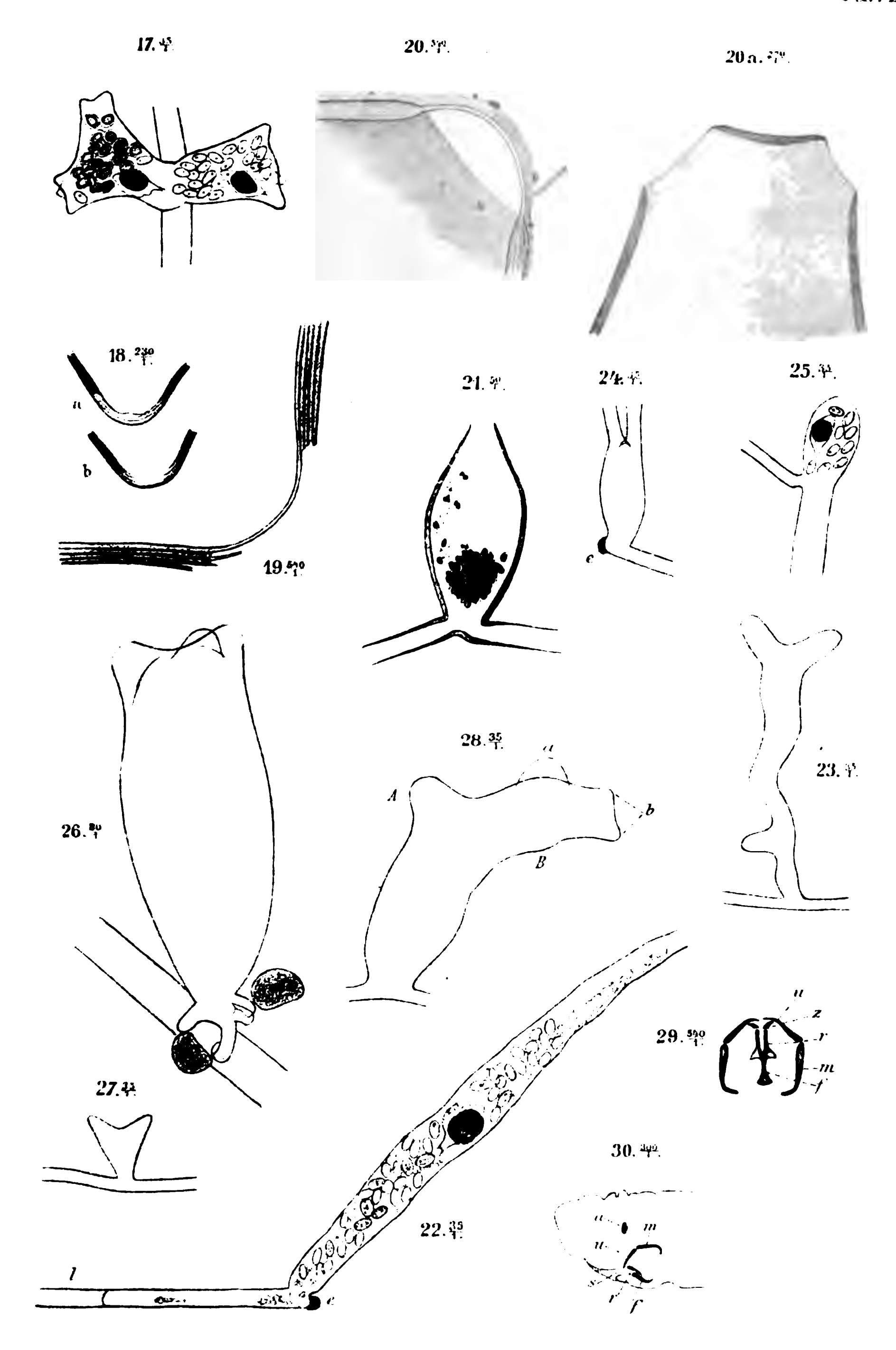


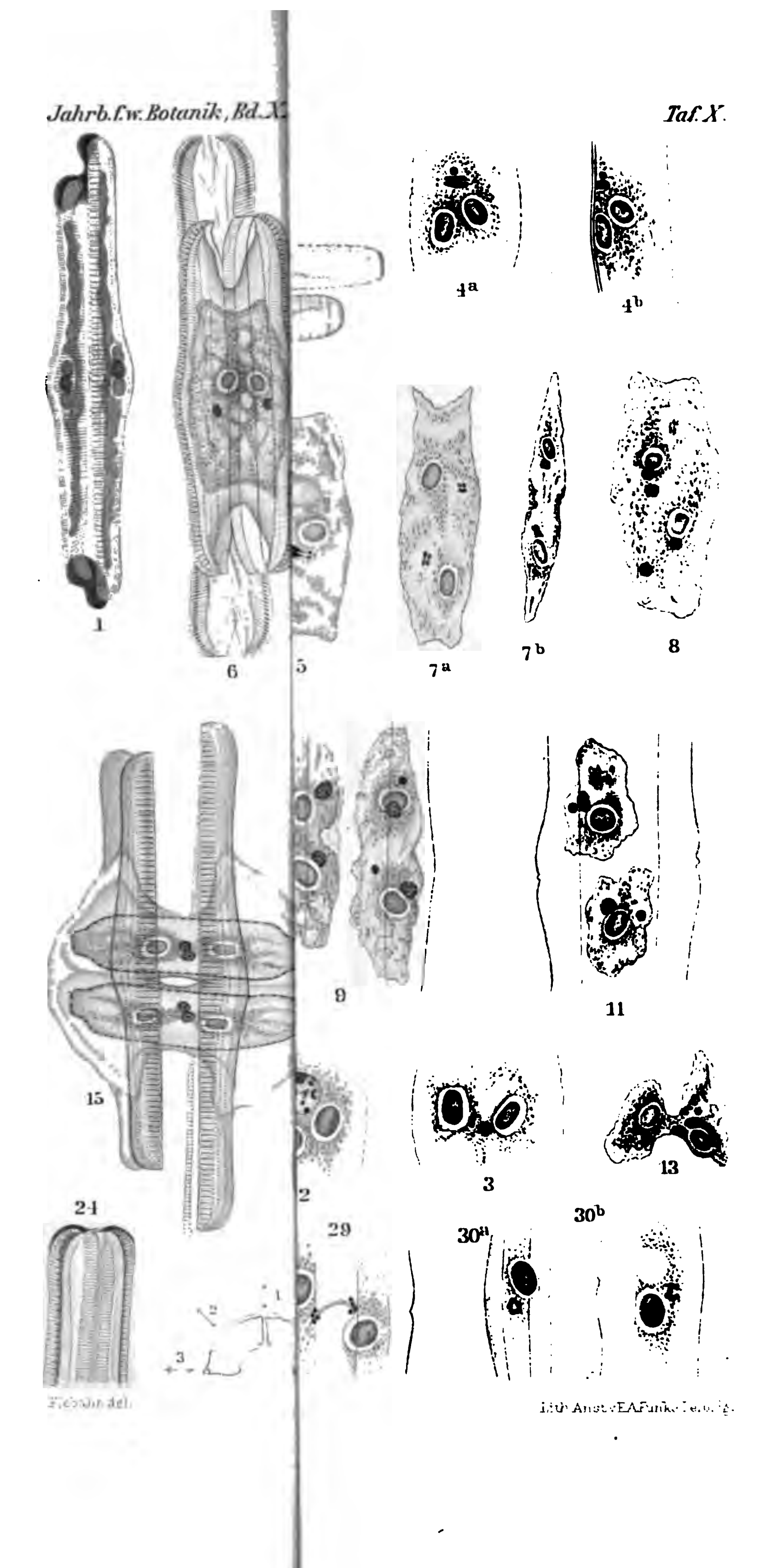

Jahrb. f. m. Bot
Taf. XI.
1.
7.
14.
18.
27a.
27b.
28.
29.
30.
32.
34.
35.


Taf. VI
38.
36.

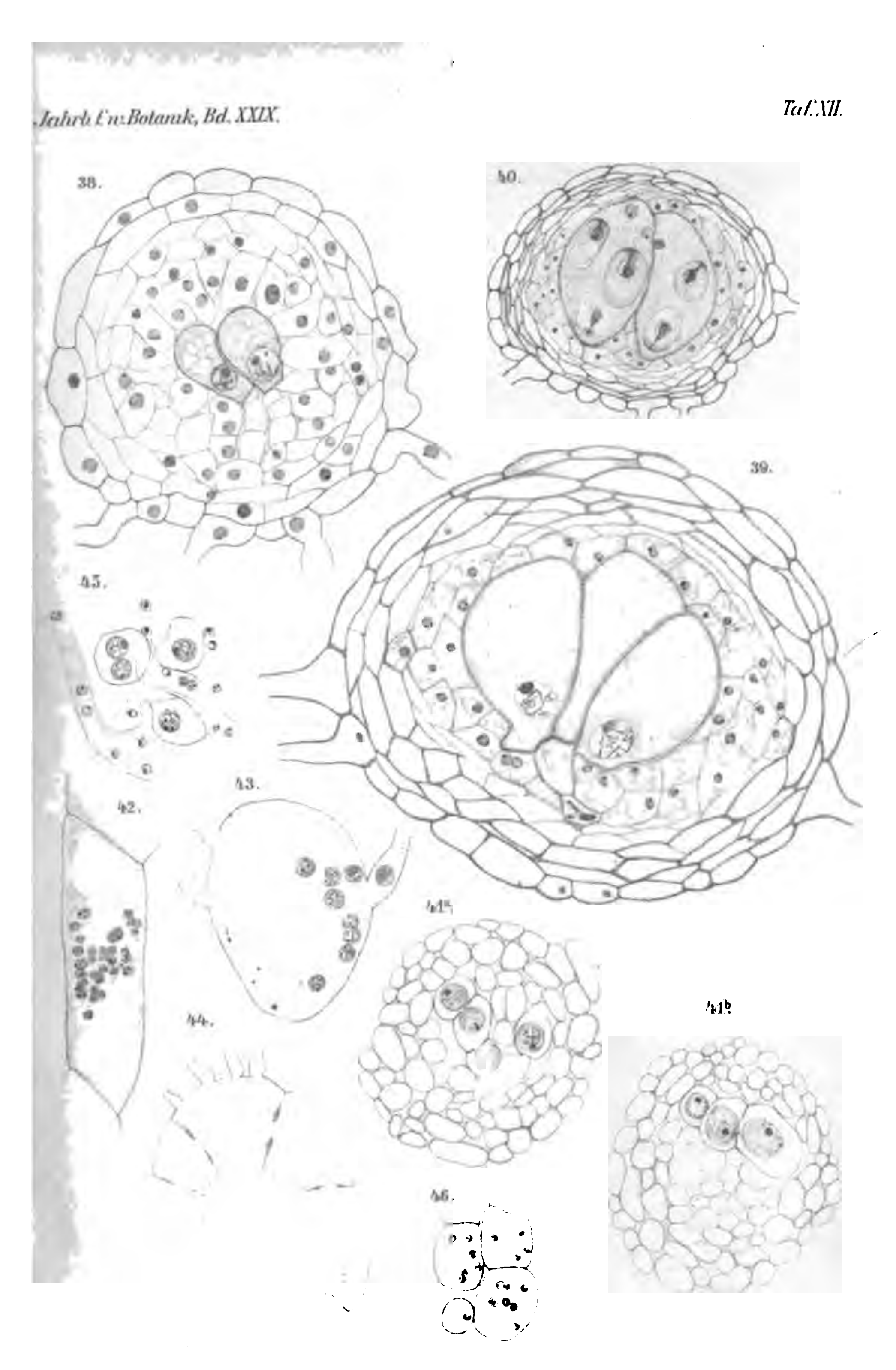


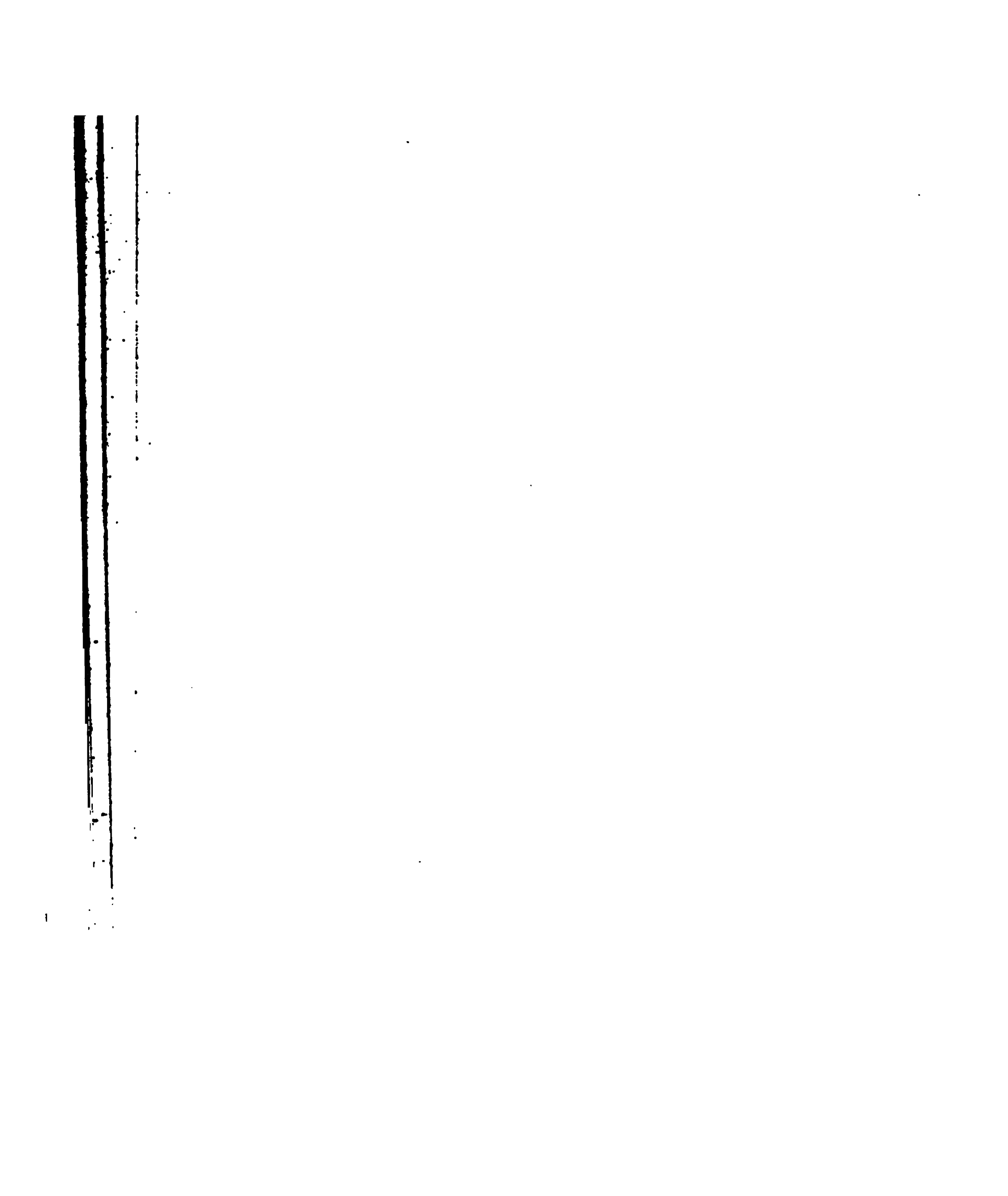
W. Rothert del.





Fr. Schmitz del. Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.


38.
40.
39.
45.
42.
43.
41a.
41b.
44.
46.



172

JAHRBÜCHER

für

wissenschaftliche Botanik

Begründet

von

Professor Dr. N. Pringsheim

herausgegeben

von

W. Pfeffer und **E. Strasburger**

Professor an der Universität Leipzig — Professor an der Universität Bonn

Neunundzwanzigster Band. Erstes Heft

Mit 2 Tafeln und 5 Textfiguren.

Berlin 1896

Verlag von Gebrüder Borntraeger.

Zusendungen für die Redaction bittet man zu richten an

Inhalt des vorliegenden Heftes.

Seite

Bengt Lidforss. Zur Biologie des Pollens 1

Ludwig Koch. Mikrotechnische Mittheilungen III. Mit 1 Holzschnitt . 39

Adam Maurizio. Die Sporangiumanlage der Gattung Saprolegnia. Mit Tafel I und II 75

Franz Hering. Ueber Wachsthumscorrelationen in Folge mechanischer Hemmung des Wachsens. Mit 4 Textabbildungen 132

JAHRBÜCHER

für

wissenschaftliche Botanik

Begründet

von

Professor Dr. N. Pringsheim

herausgegeben

von

W. Pfeffer
Professor an der Universität Leipzig

und

E. Strasburger
Professor an der Universität Bonn

Neunundzwanzigster Band. Zweites Heft
Mit 15 Zinkätzungen.

Berlin 1896
Verlag von Gebrüder Borntraeger

Alle Zusendungen für die Redaction bittet man zu richten an
Professor Pfeffer in Leipzig (Botanisches Institut).

HRBÜCHER

für

haftliche Botanik

Begründet

von

ssor Dr. N. Pringsheim

herausgegeben

von

und E. Strasburger

t Leipzig Professor an der Universität Bonn

lzwanzigster Band. Drittes Heft
Mit 5 lithographirten Tafeln.

Berlin 1896
on Gebrüder Borntraeger

ür die Redaction bittet man zu richten an
ffer in Leipzig (Botanisches Institut).

AHRBÜCHER

für

chaftliche Botanik

Begründet

von

ofessor Dr. N. Pringsheim

herausgegeben

von

fer und **E. Strasburger**
rsität Leipzig Professor an der Universität Bonn

nundzwanzigster Band. Drittes Heft
Mit 5 lithographirten Tafeln.

Berlin 1896
g von Gebrüder Borntraeger

en für die Redaction bittet man zu richten an
Pfeffer in Leipzig (Botanisches Institut).



JAHRBÜCHER

für

nschaftliche Botanik

Begründet

von

Professor Dr. N. Pringsheim

herausgegeben

von

Pfeffer und **E. Strasburger**

r Universität Leipzig — Professor an der Universität Bonn

Neunundzwanzigster Band. Drittes Heft

Mit 5 lithographirten Tafeln.

Berlin 1896

lag von Gebrüder Borntraeger

dungen für die Redaction bittet man zu richten an

JAHRBÜCHER

für

[...]schaftliche Botanik

Begründet

von

[...]rofessor Dr. N. Pringsheim

herausgegeben

von

[...]fer [...]ersität Leipzig und E. Strasburger Professor an der Universität Bonn

[...]undzwanzigster Band. Drittes Heft
Mit 5 lithographirten Tafeln.

Berlin 1896
[...]g von Gebrüder Borntraeger

[...]gen für die Redaction bittet man zu richten an
[...]Pfeffer in Leipzig (Botanisches Institut).

Inhalt des vorliegenden Heftes.

Seite

Friedrich Czapek. Zur Lehre von den Wurzelausscheidungen 321

Gy. v. Istvánffi. Untersuchungen über die physiologische Anatomie der Pilze mit besonderer Berücksichtigung des Leitungssystems bei den Hydnei, Thelephorei und Tomentellei. Mit Tafel III—VII 391

G. Krabbe. Ueber den Einfluss der Temperatur auf die osmotischen Processe lebender Zellen 441

Inhalt des vorhergehenden Hefte 1 und 2, Band XXIX.

Seite

Bengt Lidforss. Zur Biologie des Pollens 1

Ludwig Koch. Mikrotechnische Mittheilungen III. Mit 1 Holzschnitt . 39

Adam Maurizio. Die Sporanginmanlage der Gattung Saprolegnia. Mit Tafel I und II 75

Franz Hering. Ueber Wachsthumscorrelationen in Folge mechanischer Hemmung des Wachsens. Mit 4 Textabbildungen 132

J. Reinke. Abhandlungen über Flechten V. Mit 15 Zinkätzungen . . 171

H. Schellenberg. Beiträge zur Kenntniss der verholzten Zellmembran . 237

Ferdinand Linz. Beiträge zur Physiologie der Keimung von Zea Mais L. 267



JAHRBÜCHER

für

wissenschaftliche Botanik

Begründet

von

Professor Dr. N. Pringsheim

herausgegeben

von

W. Pfeffer und **E. Strasburger**

Professor an der Universität Leipzig — Professor an der Universität Bonn

Neunundzwanzigster Band. Drittes Heft

Mit 5 lithographirten Tafeln.

Berlin 1896

Verlag von Gebrüder Borntraeger








580.5
S25
V.29
FALCONER
BIOL. LIB.
HB 896
NON CIRCULATING
DO NOT REMOVE
FROM THE LIBRARY

